

# Distâncias de Estrelas Jovens: como medir e onde aplicar

---

**Phillip Galli**  
(IAG/USP)

**Astronomia ao Meio-Dia**  
*09 de Agosto 2012*

# Uma breve introdução ...

---

- **Distância:** importante e difícil de medir.

# Uma breve introdução ...

---

- **Distância:** importante e difícil de medir.
- **Por quê ?**
- **Como ?**

# Uma breve introdução ...

---

- **Distância**: importante e difícil de medir.
- **Por quê ?**
  - \*Parâmetros físicos (luminosidade, temperatura, massa e idade)
  - \*Posição espacial e identificação de estruturas
- **Como ?**

# Uma breve introdução ...

---

- **Distância**: importante e difícil de medir.
- **Por quê ?**
  - \* Parâmetros físicos (luminosidade, temperatura, massa e idade)
  - \* Posição espacial e identificação de estruturas
- **Como ?**
  - \* Distâncias individuais (p. ex.: paralaxe trigonométrica)
  - \* Distâncias médias (p. ex.: ajuste de sequência principal)

# Uma breve introdução ...

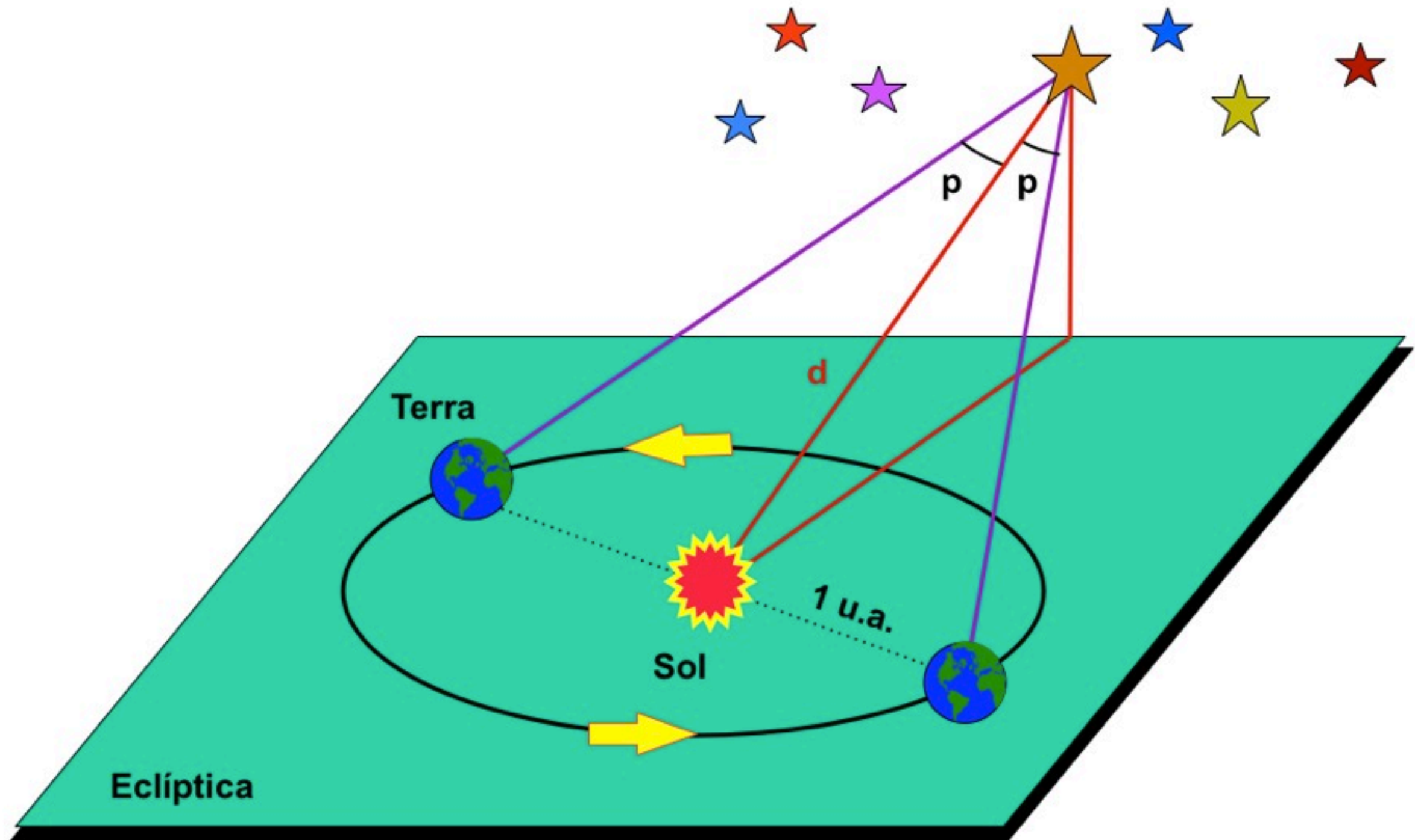
---

- **Distância**: importante e difícil de medir.
- **Por quê ?**
  - \* Parâmetros físicos (luminosidade, temperatura, massa e idade)
  - \* Posição espacial e identificação de estruturas
- **Como ?**
  - \* Distâncias individuais (p. ex.: paralaxe trigonométrica)
  - \* Distâncias médias (p. ex.: ajuste de sequência principal)



**ruim para determinação  
de parâmetros individuais**

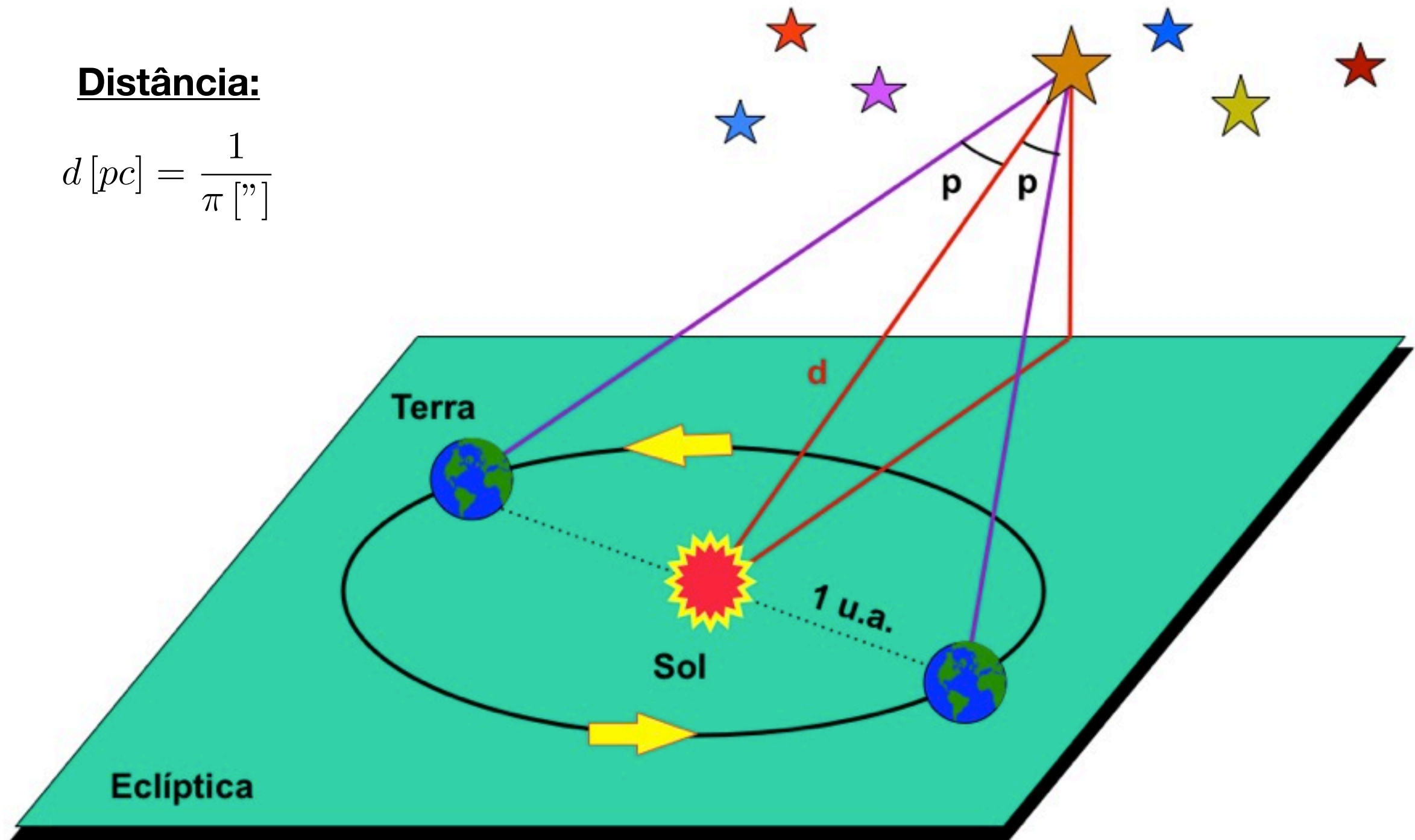
# Paralaxe Trigonométrica



# Paralaxe Trigonométrica

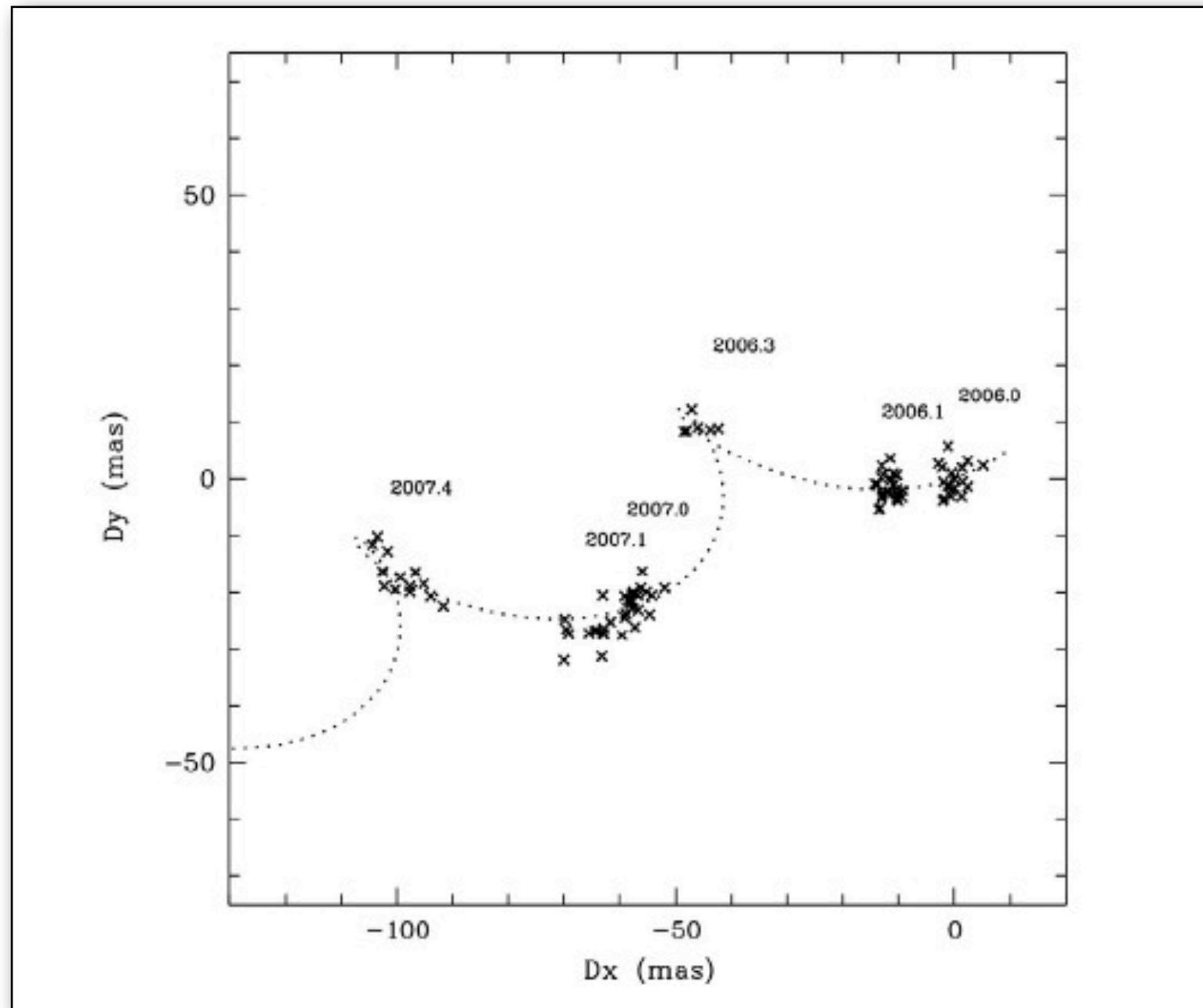
**Distância:**

$$d [pc] = \frac{1}{\pi ["]}$$





# Paralaxe Trigonométrica



**Paralaxe trigonométrica de SSSPMJ1102-3431 (Teixeira et al., 2008)**

# Distâncias de Estrelas Jovens

---

- *Um panorama da situação atual ...*

# Distâncias de Estrelas Jovens

---

- *Um panorama da situação atual ...*
  - \* **Hipparcos (ESA)**: bom para estrelas brilhantes ( $V < 12$  mag), mas limitado para as estrelas jovens (p. ex.: T Tauri).

# Distâncias de Estrelas Jovens

---

- *Um panorama da situação atual ...*
  - \* **Hipparcos (ESA)**: bom para estrelas brilhantes ( $V < 12$  mag), mas limitado para as estrelas jovens (p. ex.: T Tauri).
  - \* **Astronomia de Solo**: bons resultados até  $\sim 100$  pc.

# Distâncias de Estrelas Jovens


---

- *Um panorama da situação atual ...*
  - \* **Hipparcos (ESA)**: bom para estrelas brilhantes ( $V < 12$  mag), mas limitado para as estrelas jovens (p. ex.: T Tauri).
  - \* **Astronomia de Solo**: bons resultados até ~100 pc.
  - \* **Gaia (ESA)**: lançamento 2013, catálogo final ~2018.

# Distâncias de Estrelas Jovens

---

- *Um panorama da situação atual ...*
  - \* **Hipparcos (ESA)**: bom para estrelas brilhantes ( $V < 12$  mag), mas limitado para as estrelas jovens (p. ex.: T Tauri).
  - \* **Astronomia de Solo**: bons resultados até  $\sim 100$  pc.
  - \* **Gaia (ESA)**: lançamento 2013, catálogo final  $\sim 2018$ .




**E as estrelas fracas ( $V > 12$  mag),  
além de 100 pc?**

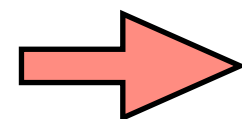
# Distâncias de Estrelas Jovens

---

- *Um panorama da situação atual ...*
  - \* **Hipparcos (ESA)**: bom para estrelas brilhantes ( $V < 12$  mag), mas limitado para as estrelas jovens (p. ex.: T Tauri).
  - \* **Astronomia de Solo**: bons resultados até  $\sim 100$  pc.
  - \* **Gaia (ESA)**: lançamento 2013, catálogo final  $\sim 2018$ .

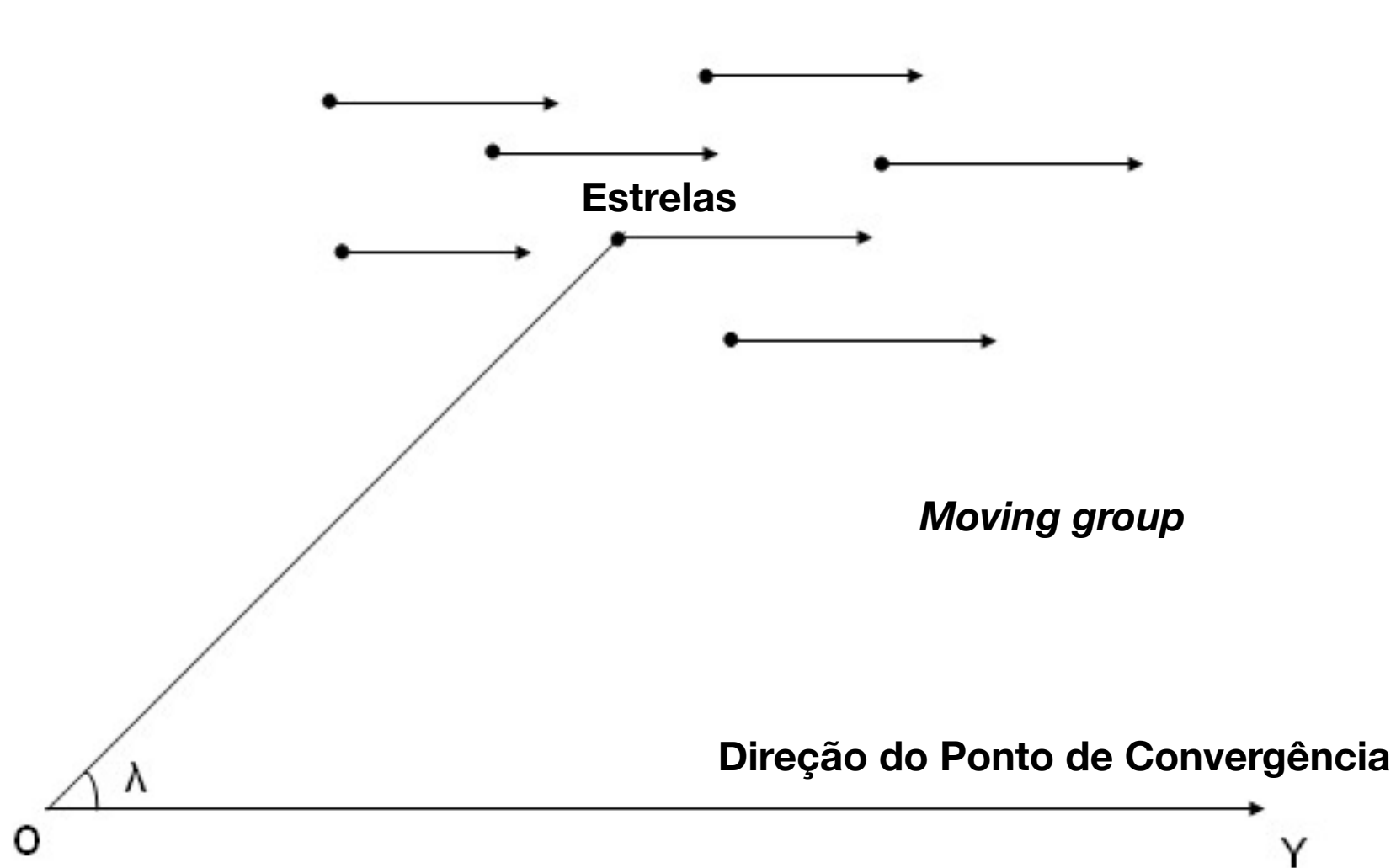


E as estrelas fracas ( $V > 12$  mag),  
além de 100 pc?



**Estratégia de Ponto de Convergência !**

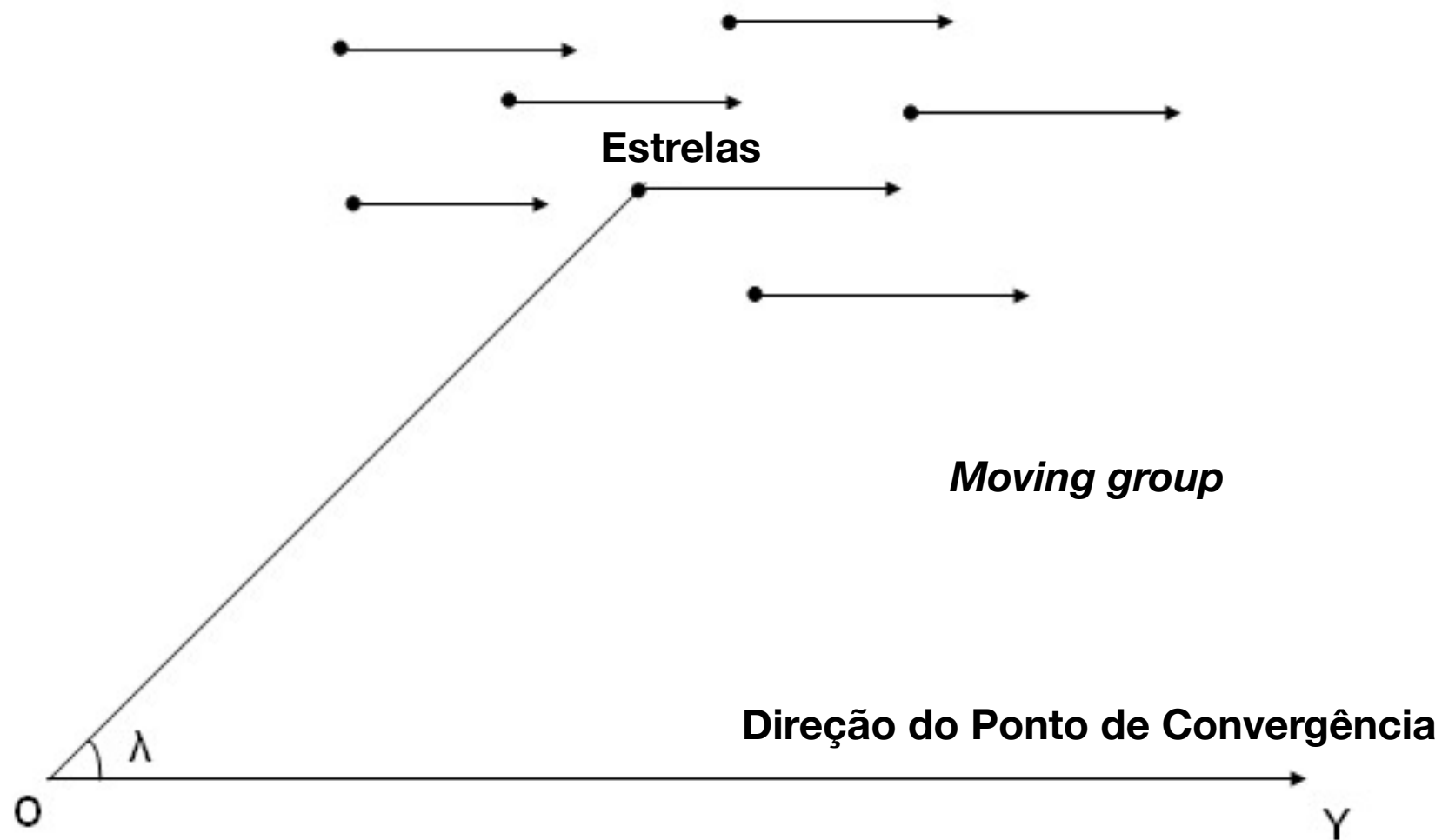
# Estratégia de Ponto de Convergência



**Moving group:**  
estrelas com movimento  
espacial comum.



# Estratégia de Ponto de Convergência

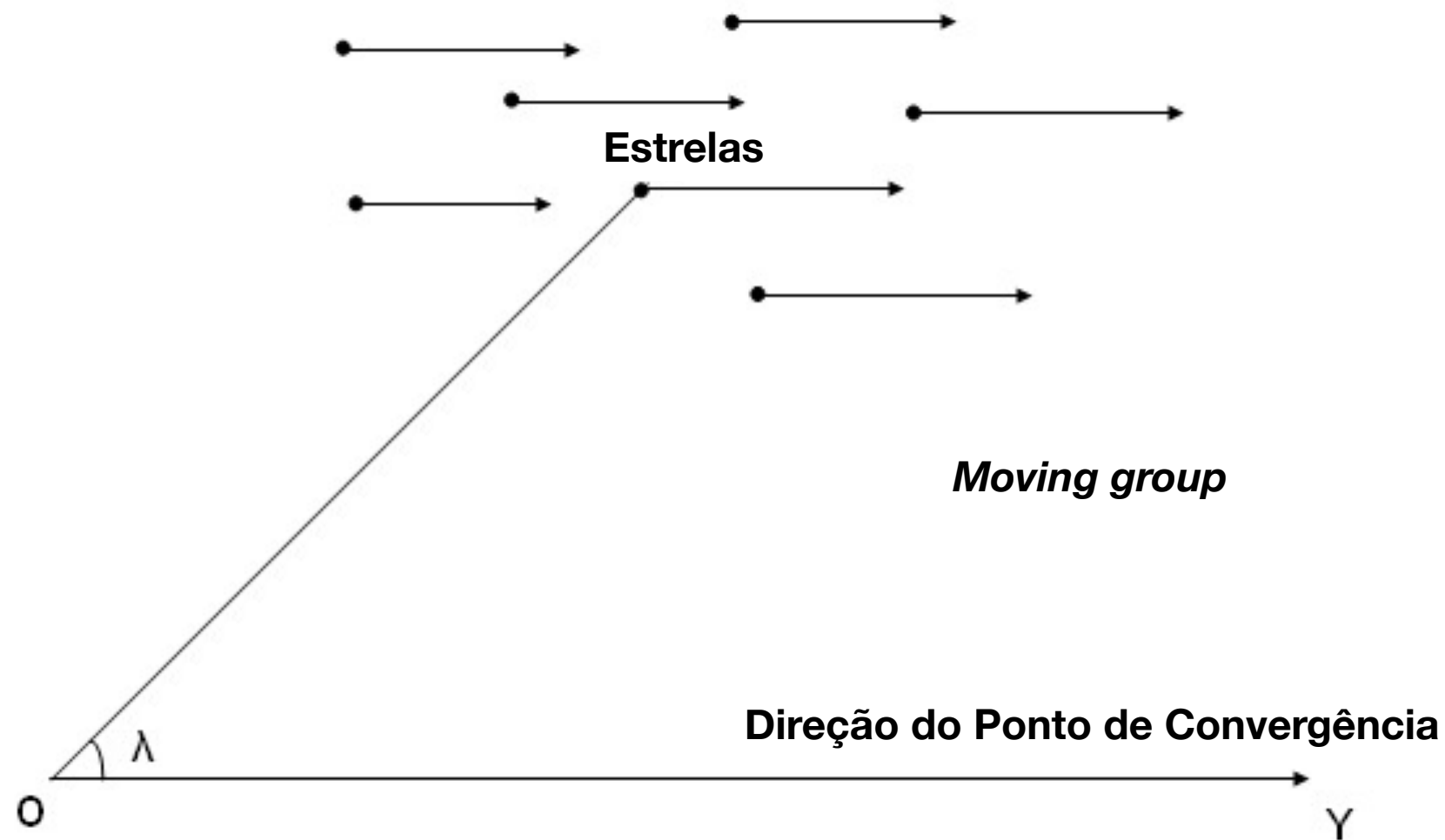


**Moving group:**  
estrelas com movimento  
espacial comum.

**Velocidade Tangencial:**

$$|\mathbf{V}_t| = \frac{4.74 |\mu|}{\pi}$$

# Estratégia de Ponto de Convergência



**Moving group:**  
estrelas com movimento espacial comum.

**Velocidade Tangencial:**

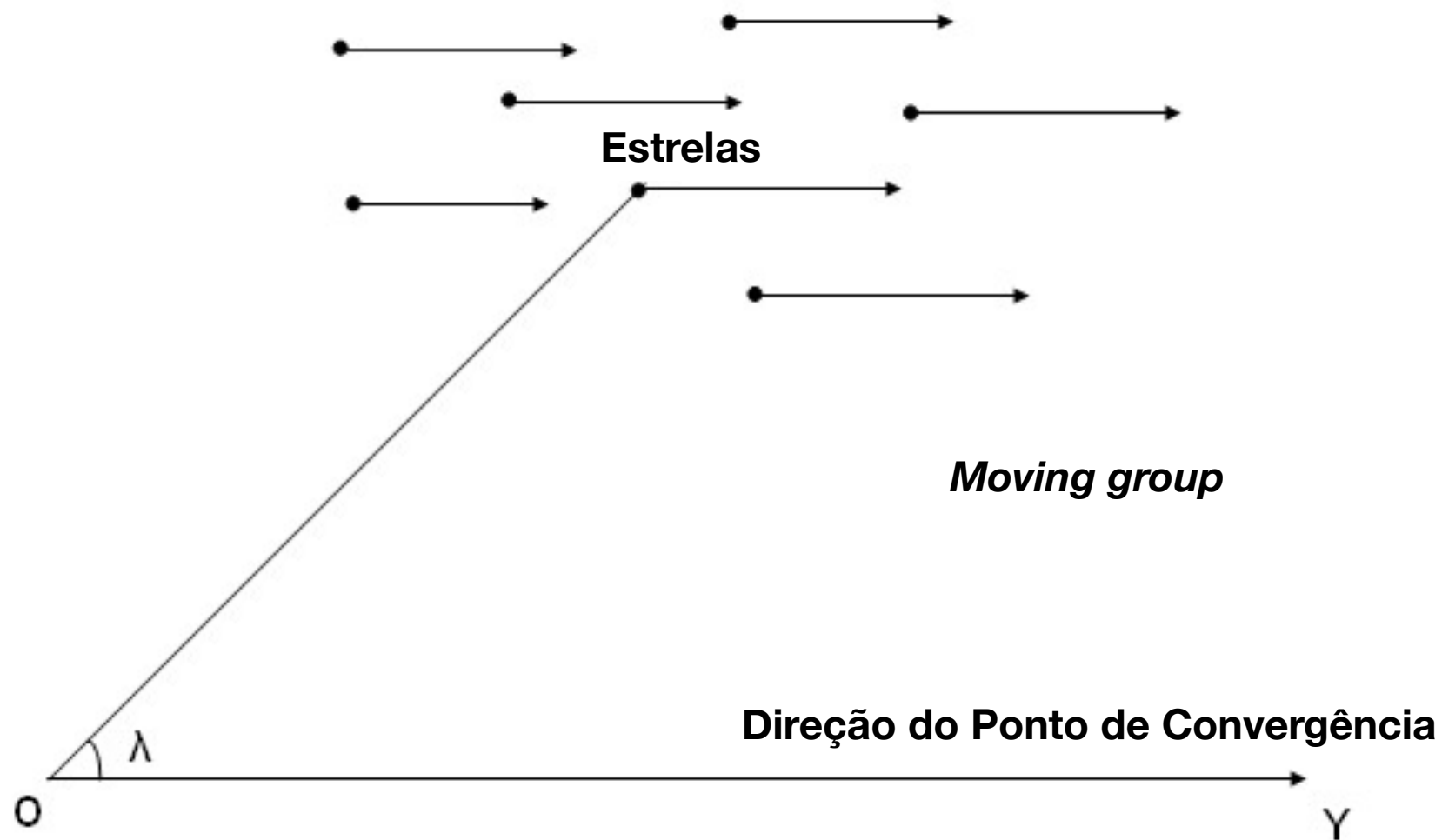
$$|\mathbf{V}_t| = \frac{4.74 |\mu|}{\pi}$$

**Movimentos Paralelos:**

$$|\mathbf{V}_r| = |\mathbf{V}| \cos \lambda$$

$$|\mathbf{V}_t| = |\mathbf{V}| \sin \lambda$$

# Estratégia de Ponto de Convergência



**Moving group:**  
estrelas com movimento espacial comum.

**Velocidade Tangencial:**

$$|\mathbf{V}_t| = \frac{4.74 |\mu|}{\pi}$$

**Movimentos Paralelos:**

$$|\mathbf{V}_r| = |\mathbf{V}| \cos \lambda$$

$$|\mathbf{V}_t| = |\mathbf{V}| \sin \lambda$$

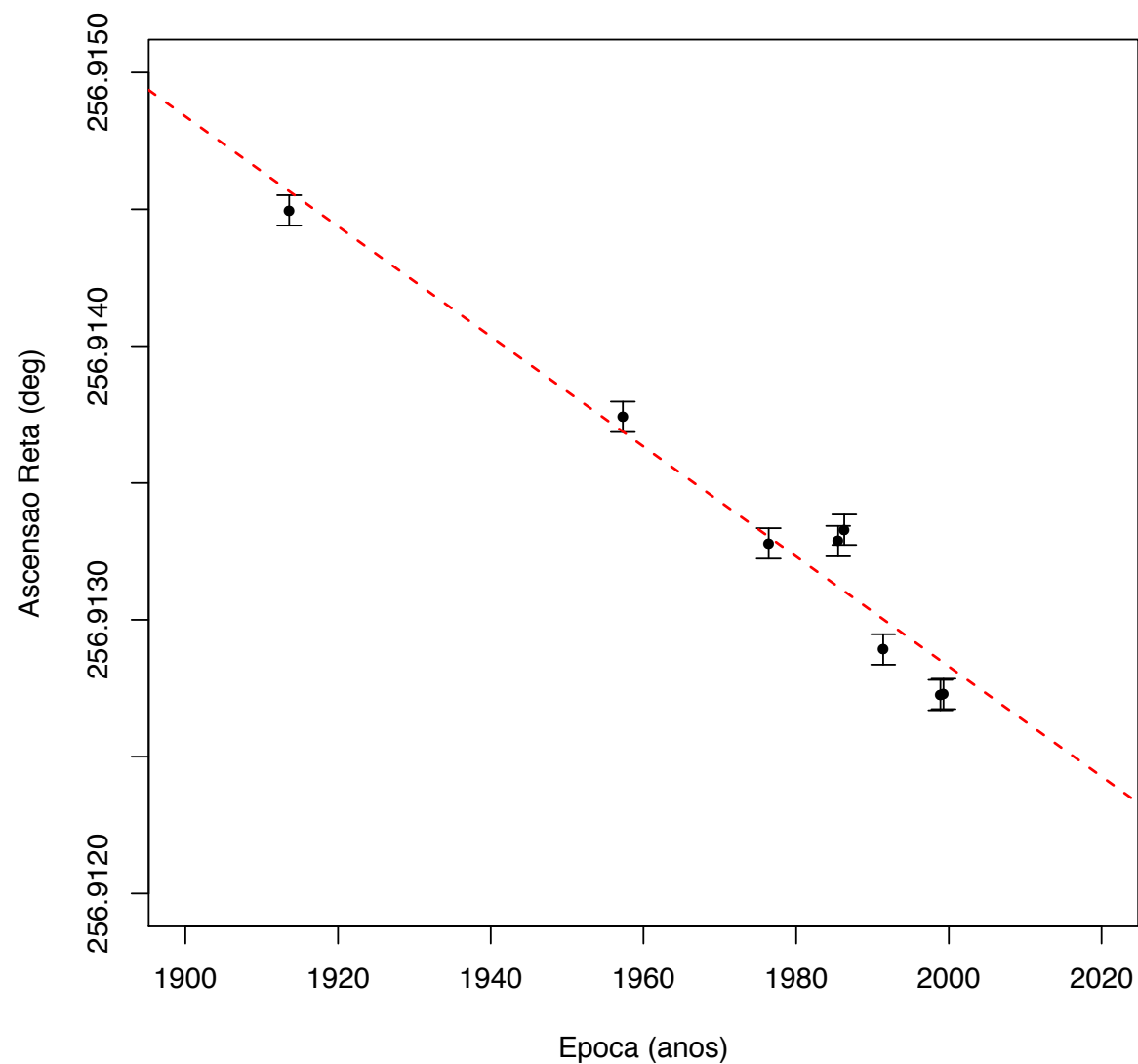
**Paralaxe Cinemática**

$$\pi = \frac{4.74 \mu}{|\mathbf{V}_r| \tan \lambda}$$

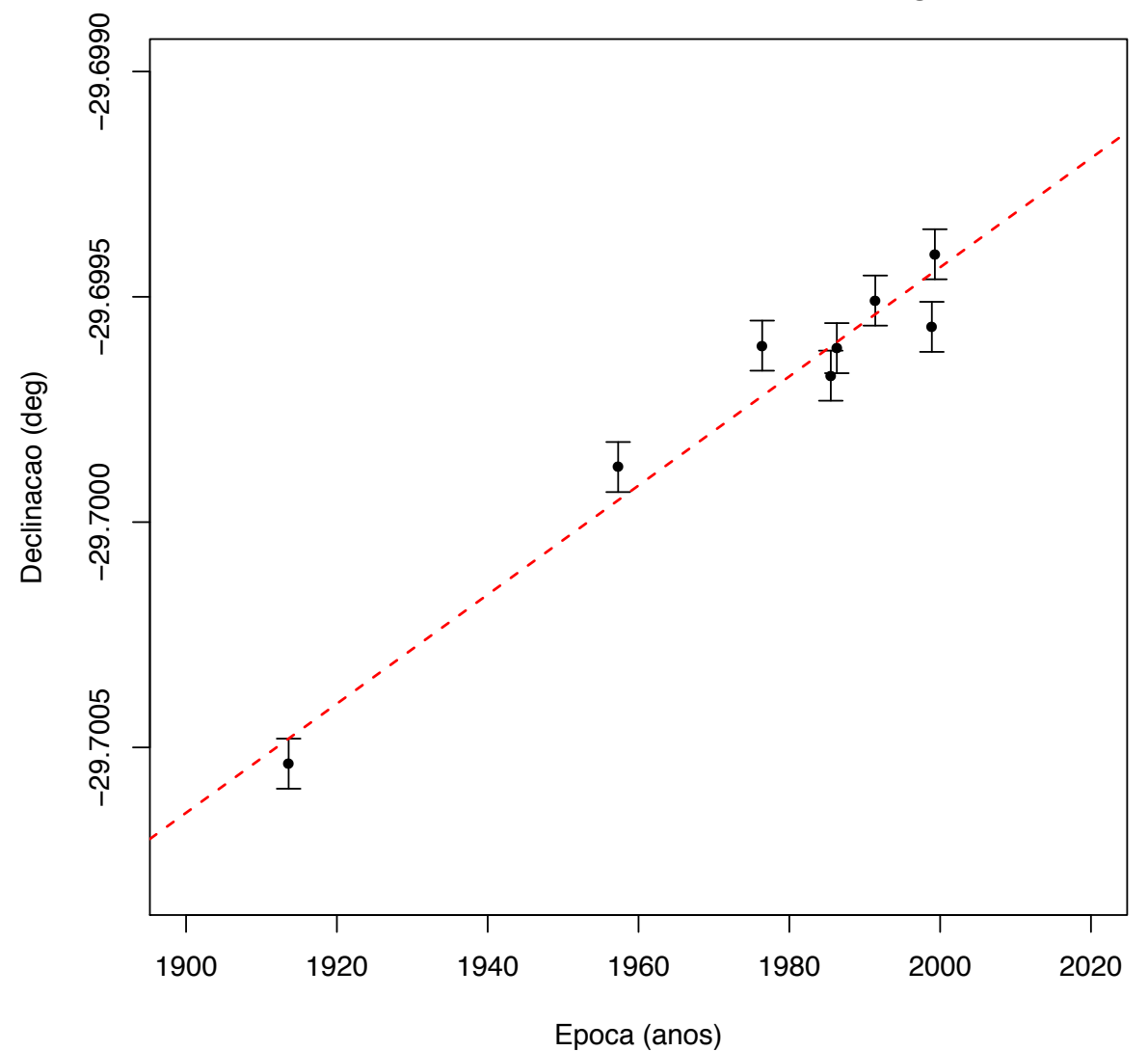
← movimento próprio  
→ velocidade radial      ← ponto de convergência

# Movimento Próprio

**Movimento Próprio Ascensão Reta:**



**Movimento Próprio Declinação:**

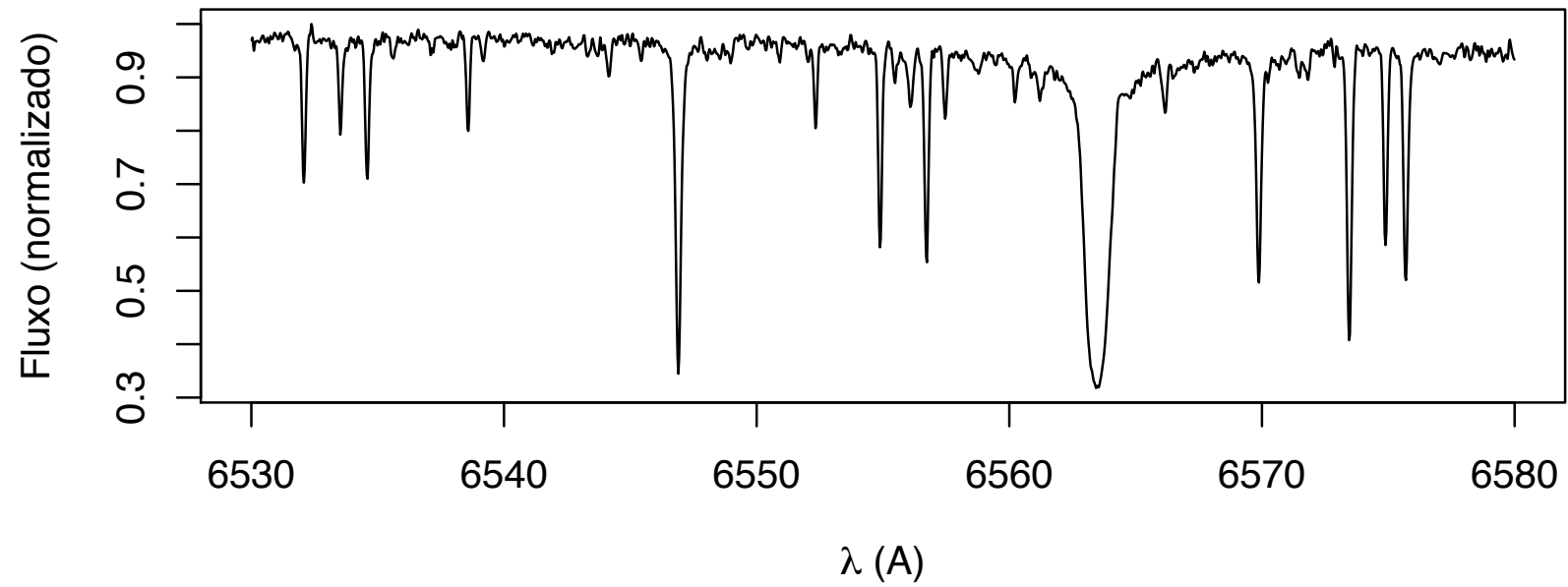


**Movimento Próprio Total:**

$$\mu = \sqrt{(\mu_{\alpha} \cos \delta)^2 + \mu_{\delta}^2}$$

# Velocidade Radial

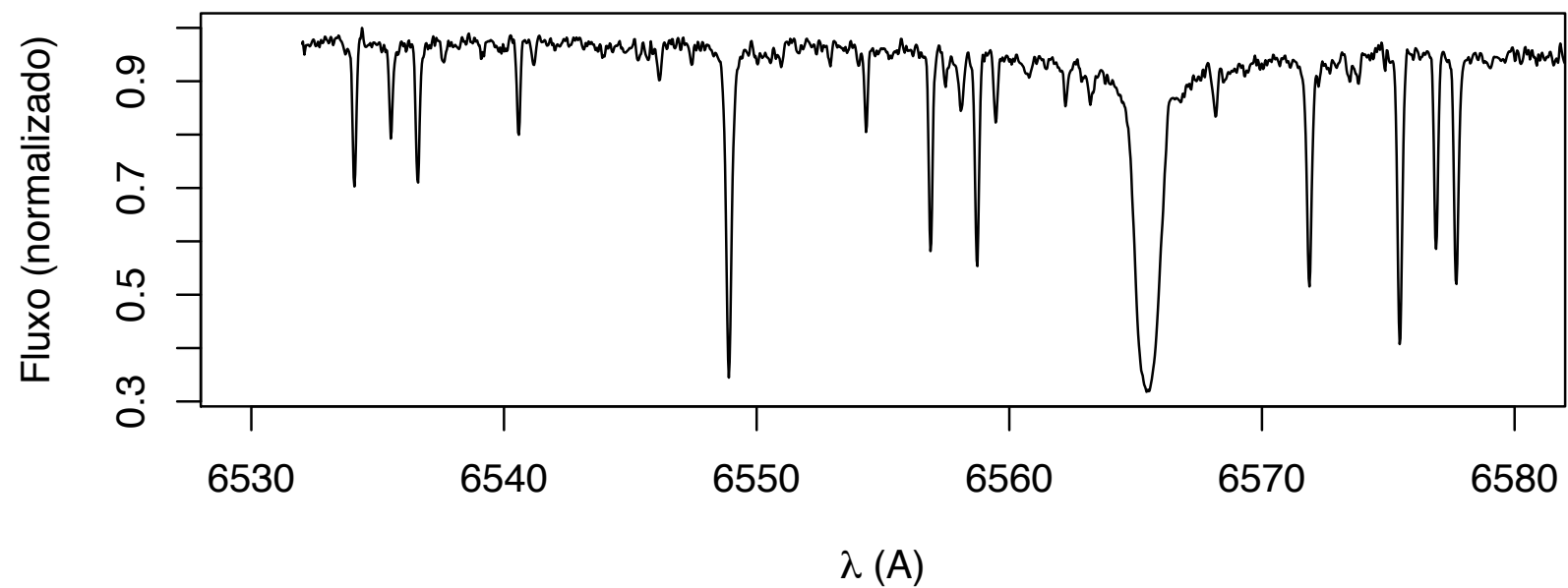
**Em repouso:**



**Velocidade Radial:**

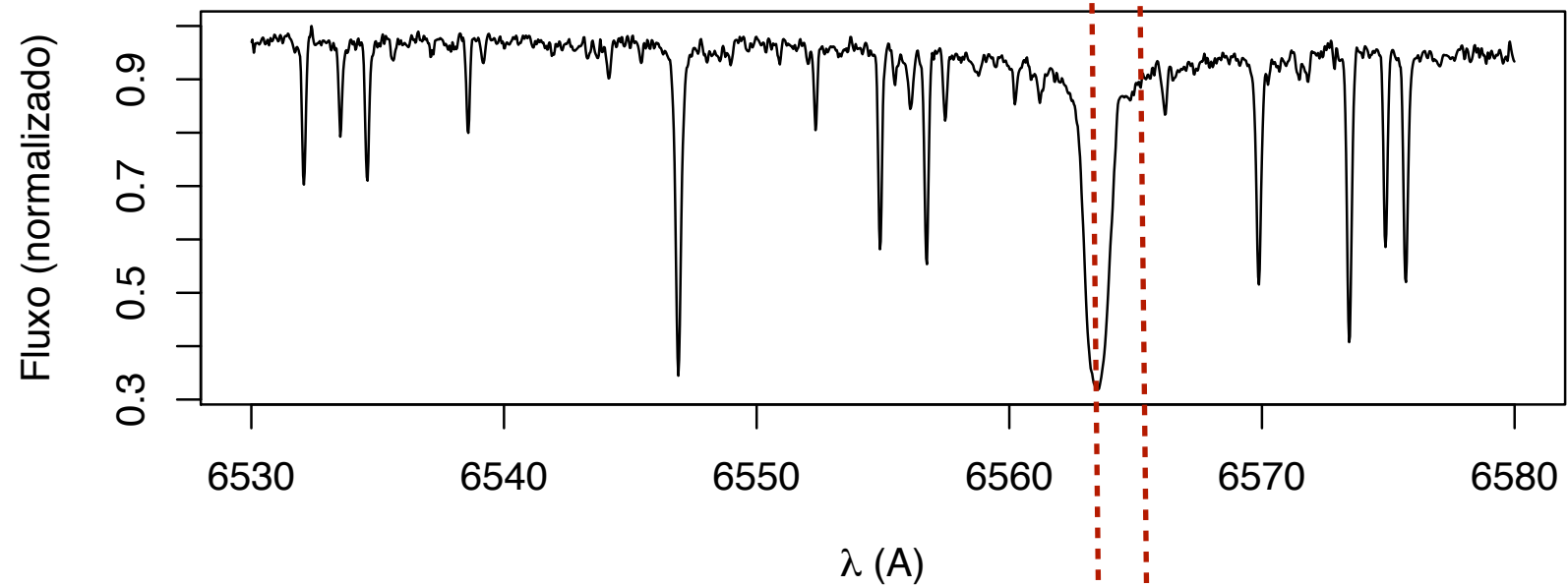
$$\frac{V_r}{c} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$$

**Observado:**



# Velocidade Radial

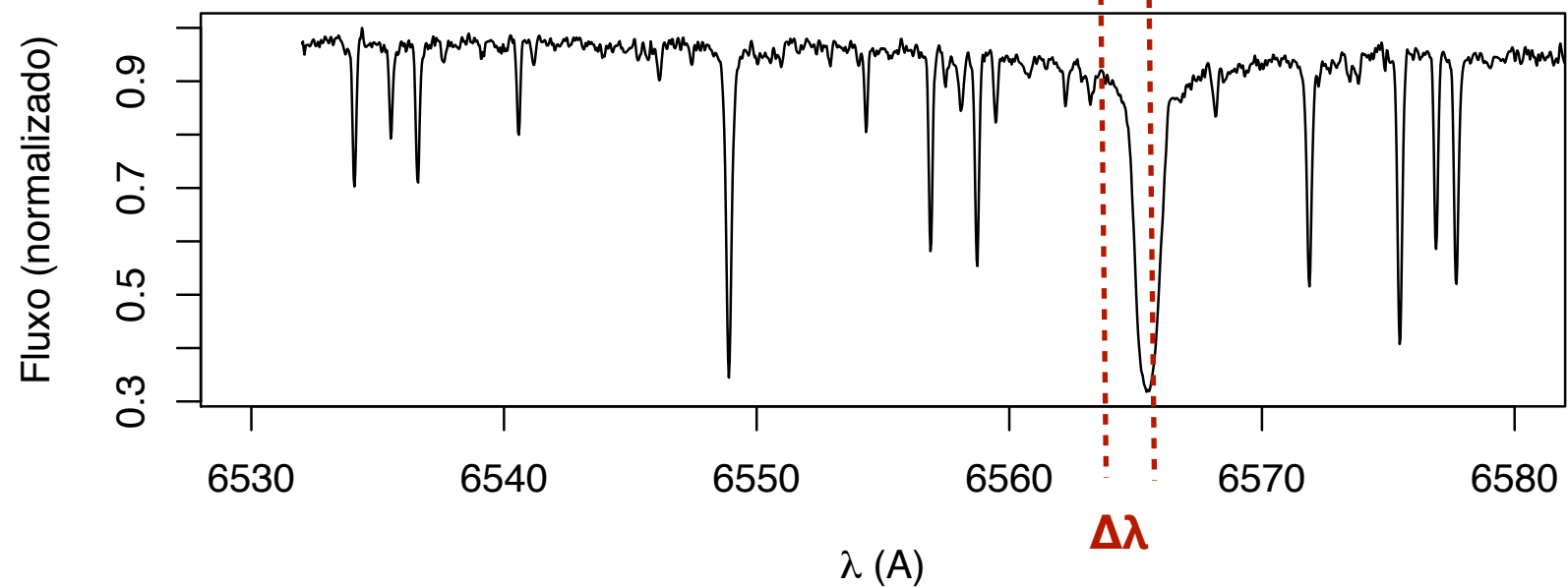
**Em repouso:**



**Velocidade Radial:**

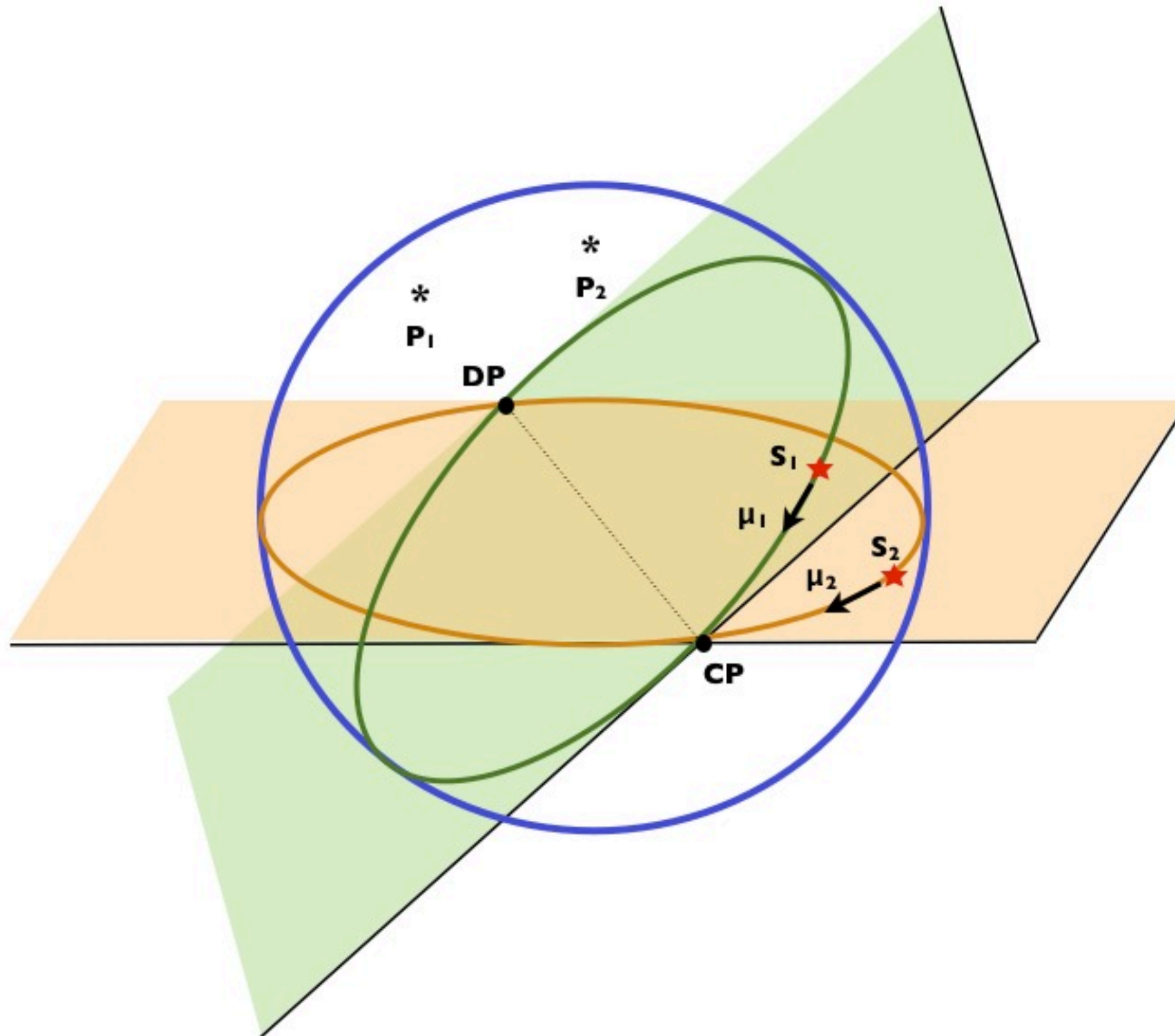
$$\frac{V_r}{c} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$$

**Observado:**



# Ponto de Convergência

---



# Como calcular o ponto de convergência ?

---

- Nossa estratégia:



# Como calcular o ponto de convergência ?

---

- Nossa estratégia:

- \* cálculo do ponto de convergência
- \* seleção de membros do moving group.

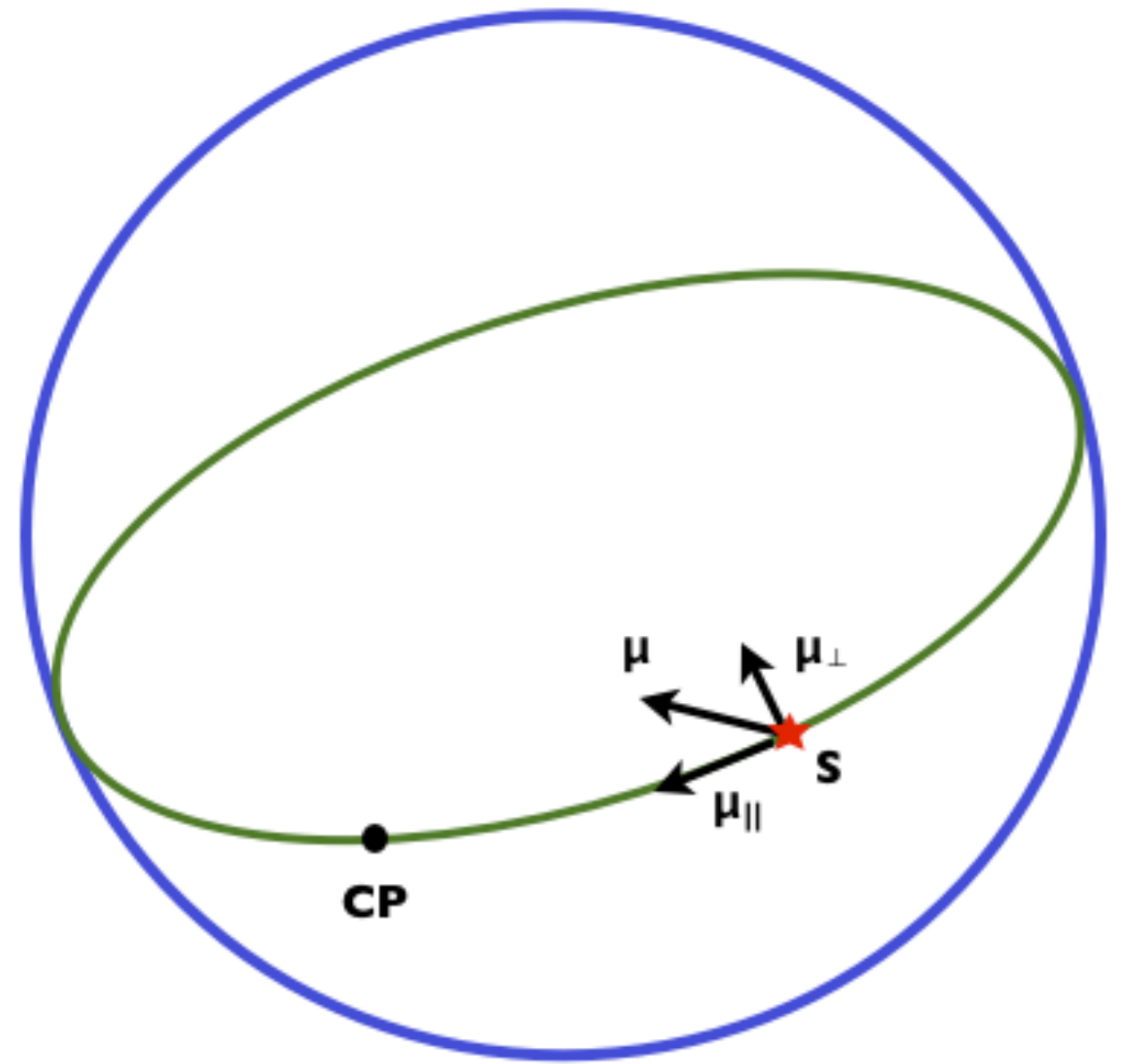


# Como calcular o ponto de convergência ?

---

- Algoritmo (Jones 1971):

- 1 decompor o movimento próprio



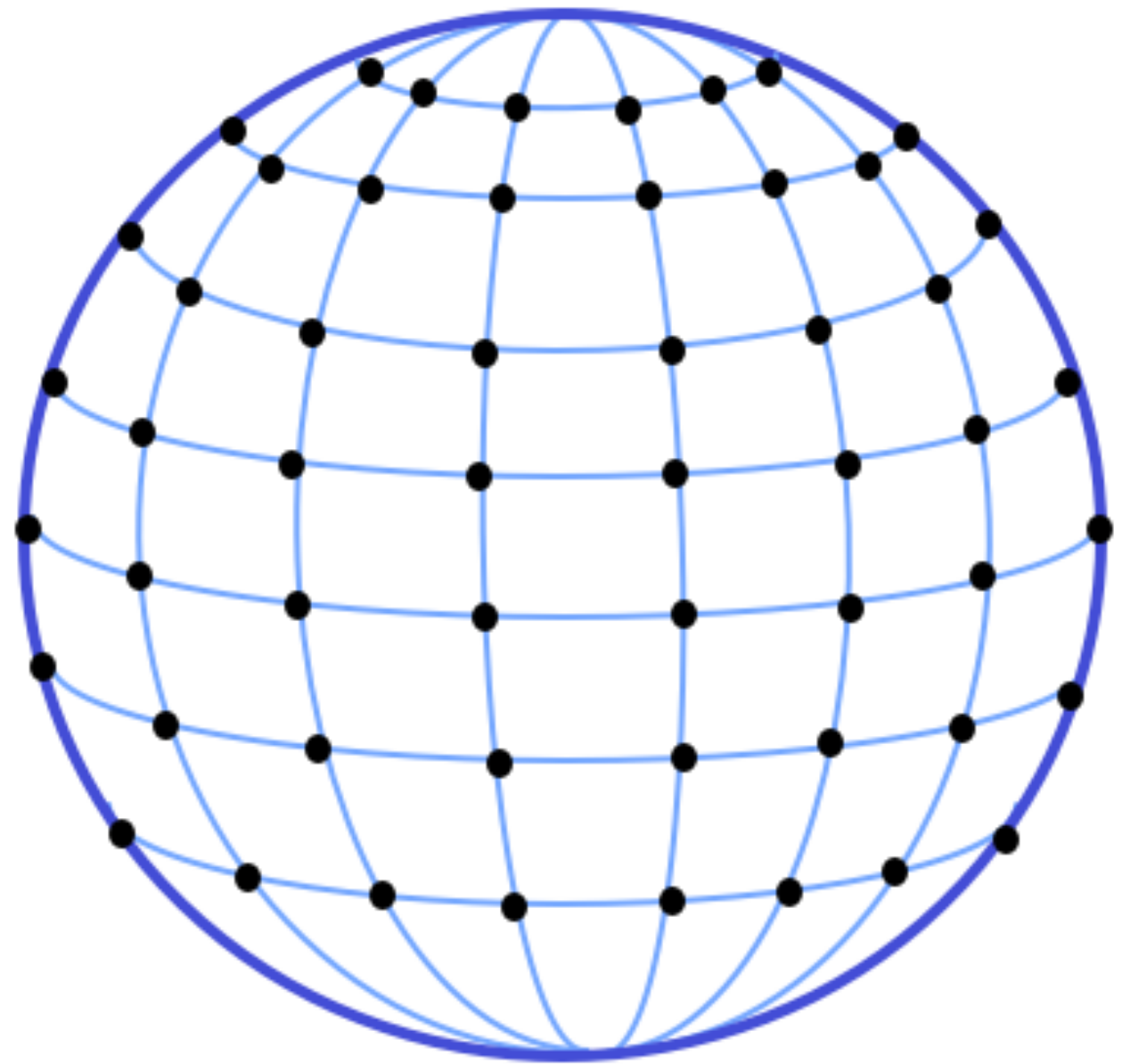
# Como calcular o ponto de convergência ?

---

- Algoritmo (Jones 1971):

- 1 decompor o movimento próprio

- 2 grade na esfera celeste



# Como calcular o ponto de convergência ?

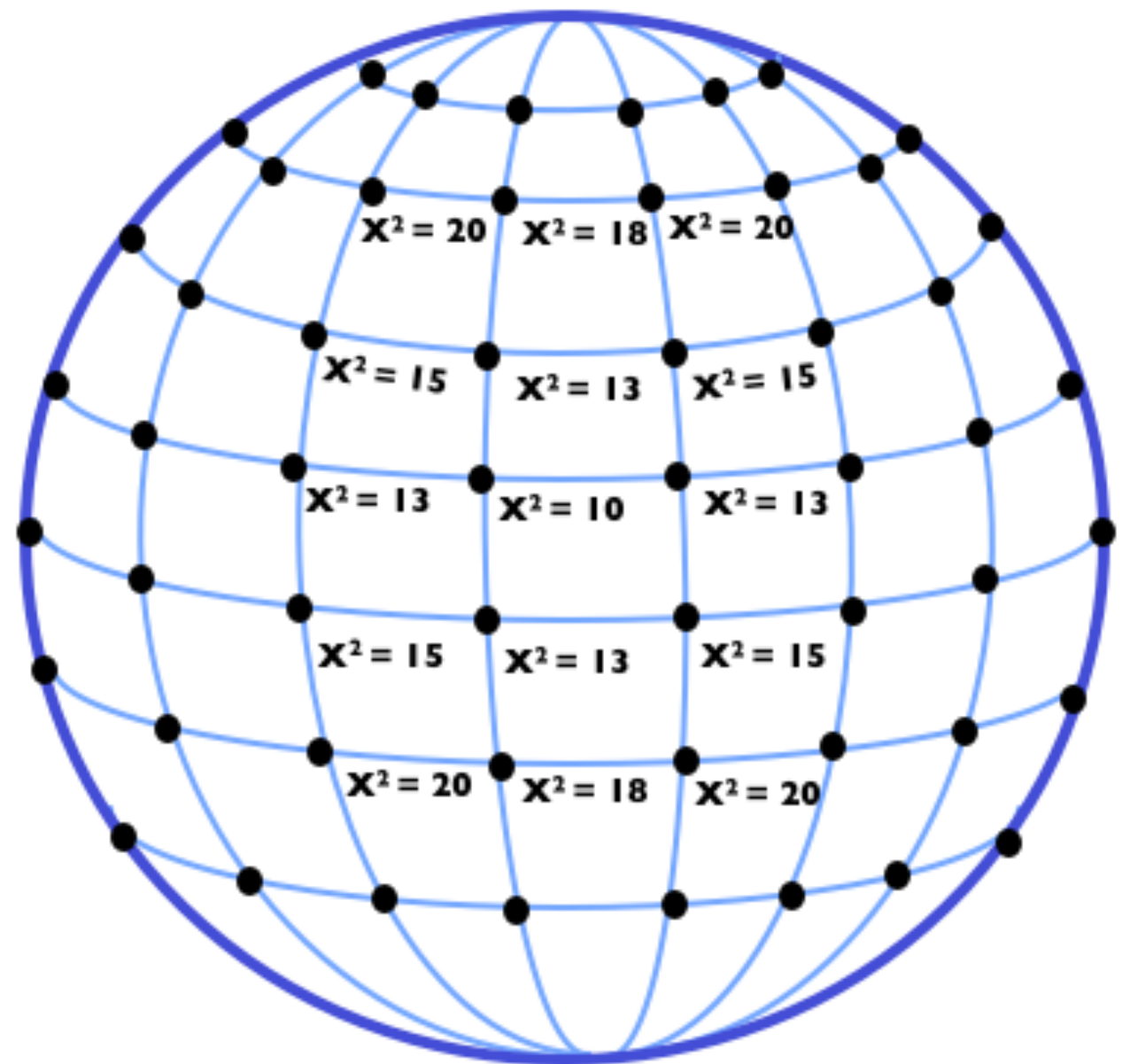
- Algoritmo (Jones 1971):

① decompor o movimento próprio

② grade na esfera celeste

③ avaliar cada ponto da grade

$$X^2 = \sum_{j=1}^N t_{\perp j}^2, \text{ onde } t_{\perp} = \mu_{\perp} / \sigma_{\perp}$$



# Como calcular o ponto de convergência ?

- Algoritmo (Jones 1971):

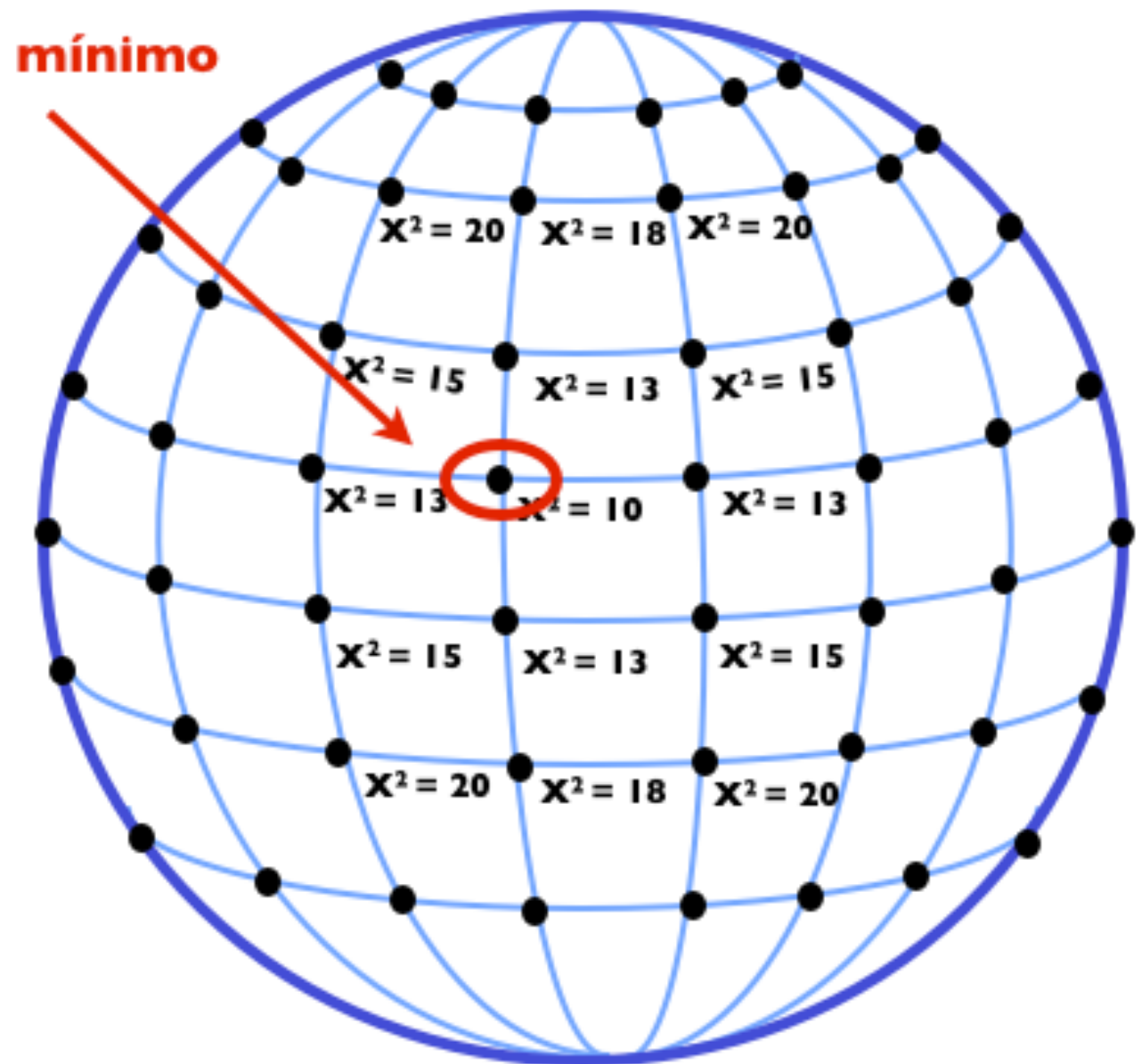
① decompor o movimento próprio

② grade na esfera celeste

③ avaliar cada ponto da grade

$$X^2 = \sum_{j=1}^N t_{\perp j}^2, \text{ onde } t_{\perp} = \mu_{\perp} / \sigma_{\perp}$$

④ escolher o ponto de mínimo



# Como calcular o ponto de convergência ?

- Algoritmo (Jones 1971):

① decompor o movimento próprio

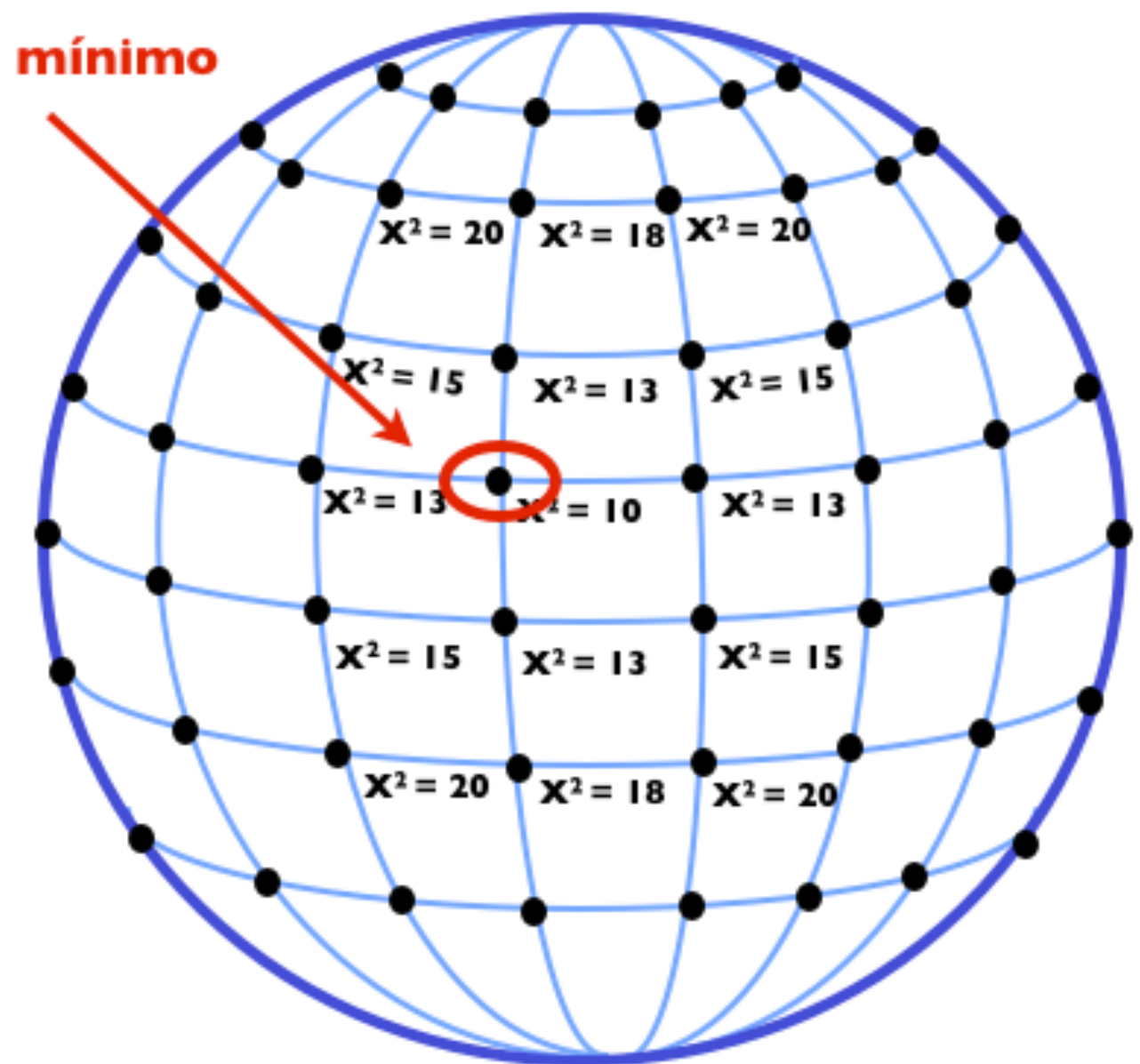
② grade na esfera celeste

③ avaliar cada ponto da grade

$$X^2 = \sum_{j=1}^N t_{\perp j}^2, \text{ onde } t_{\perp} = \mu_{\perp} / \sigma_{\perp}$$

④ escolher o ponto de mínimo

⑤ processo iterativo: eliminação de estrelas não-membro ( $\mu_{\perp}$  é grande).



**Estou ansioso para ver essas  
distâncias ... Que tal começar logo  
com isso ?**



# O caso em estudo: Lupus

---

- O que é ?

- \* região de formação estelar próxima com uma rica associação de estrelas jovens (~300 estrelas).

- Qual é o interesse ?

- \* a distância não é conhecida para a maior parte das estrelas.

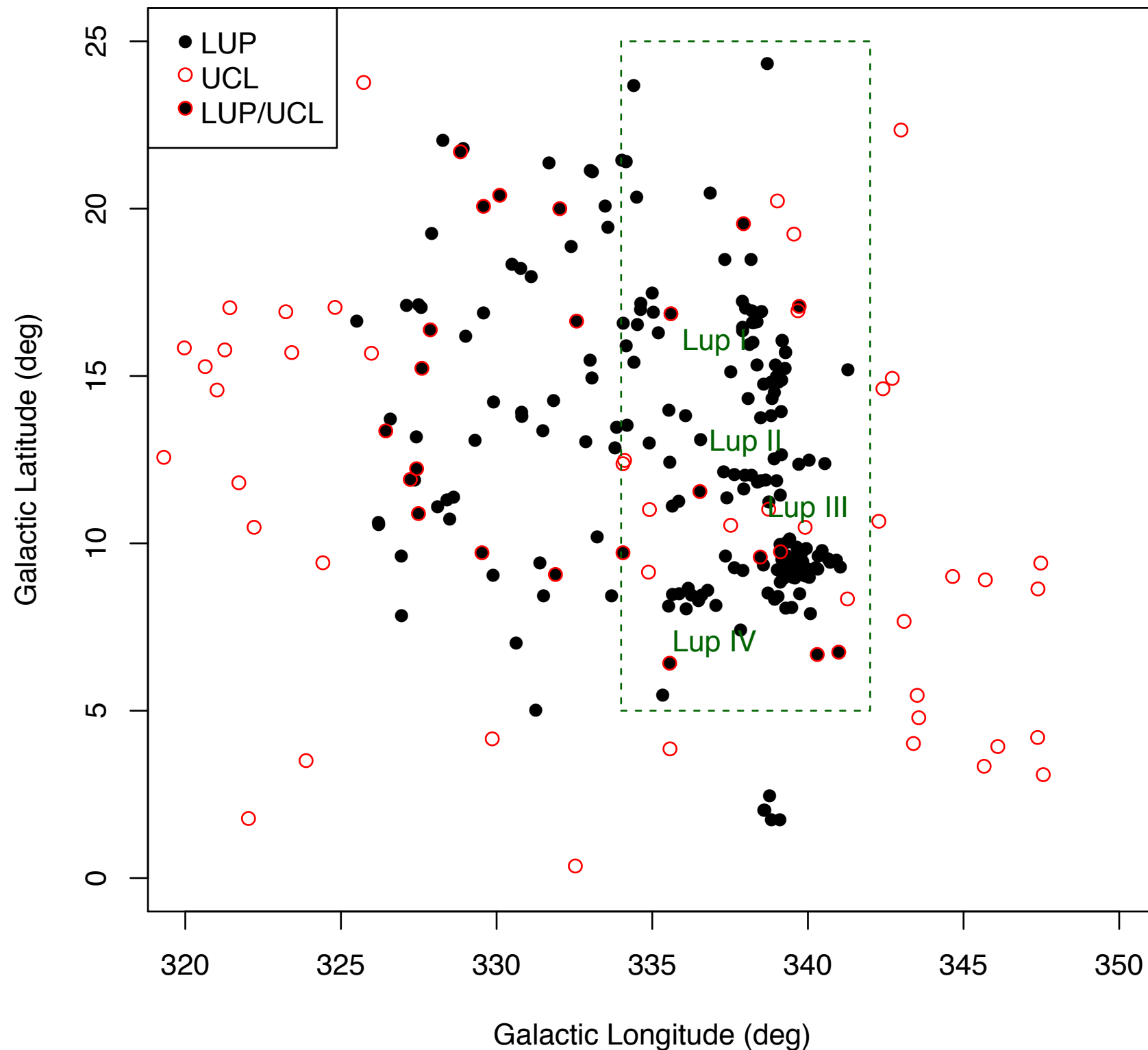
- \* caracterização física das estrelas (processo de formação estelar).

- Metodologia:

- \* *movimento próprio* (catálogo) + *velocidade radial* (calculada e da literatura) + *ponto de convergência* (calculado) → **distância**



# Posição das Estrelas de Lupus

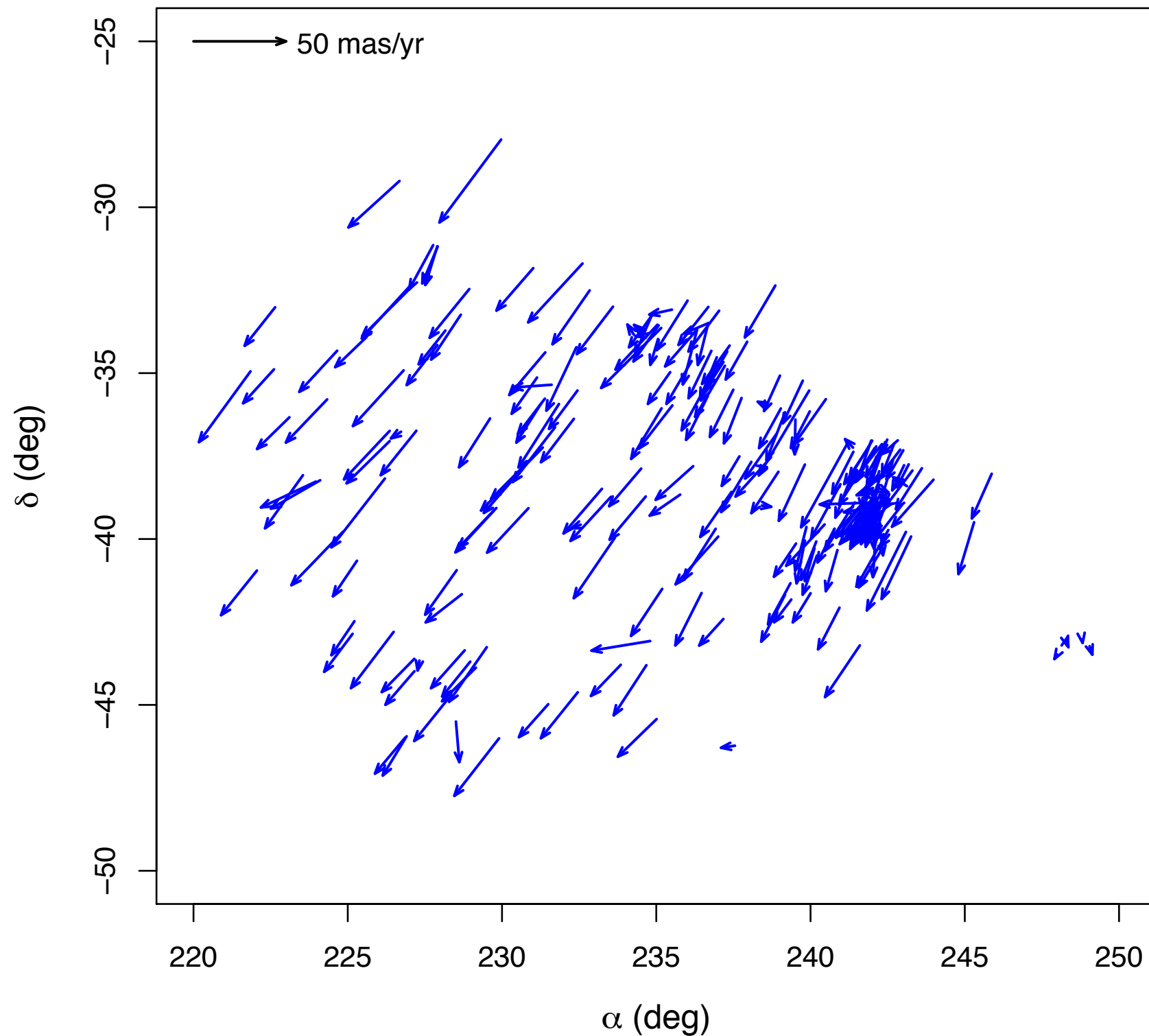


## Alguns Cuidados:

“on-cloud” X “off-cloud”  
( ponto de convergência ? )

proximidade com UCL  
( “off-cloud” = Lupus + UCL )

# Ponto de Convergência de Lupus



## Lupus (antes):

\*  $(\alpha_{cp}, \delta_{cp}) = (92.8^\circ, -24.6^\circ) \pm (2.3^\circ, 3.5^\circ)$

\* 153 estrelas membro

## UCL:

\*  $(\alpha_{cp}, \delta_{cp}) = (105.0^\circ, -38.3^\circ) \pm (2.8^\circ, 2.7^\circ)$

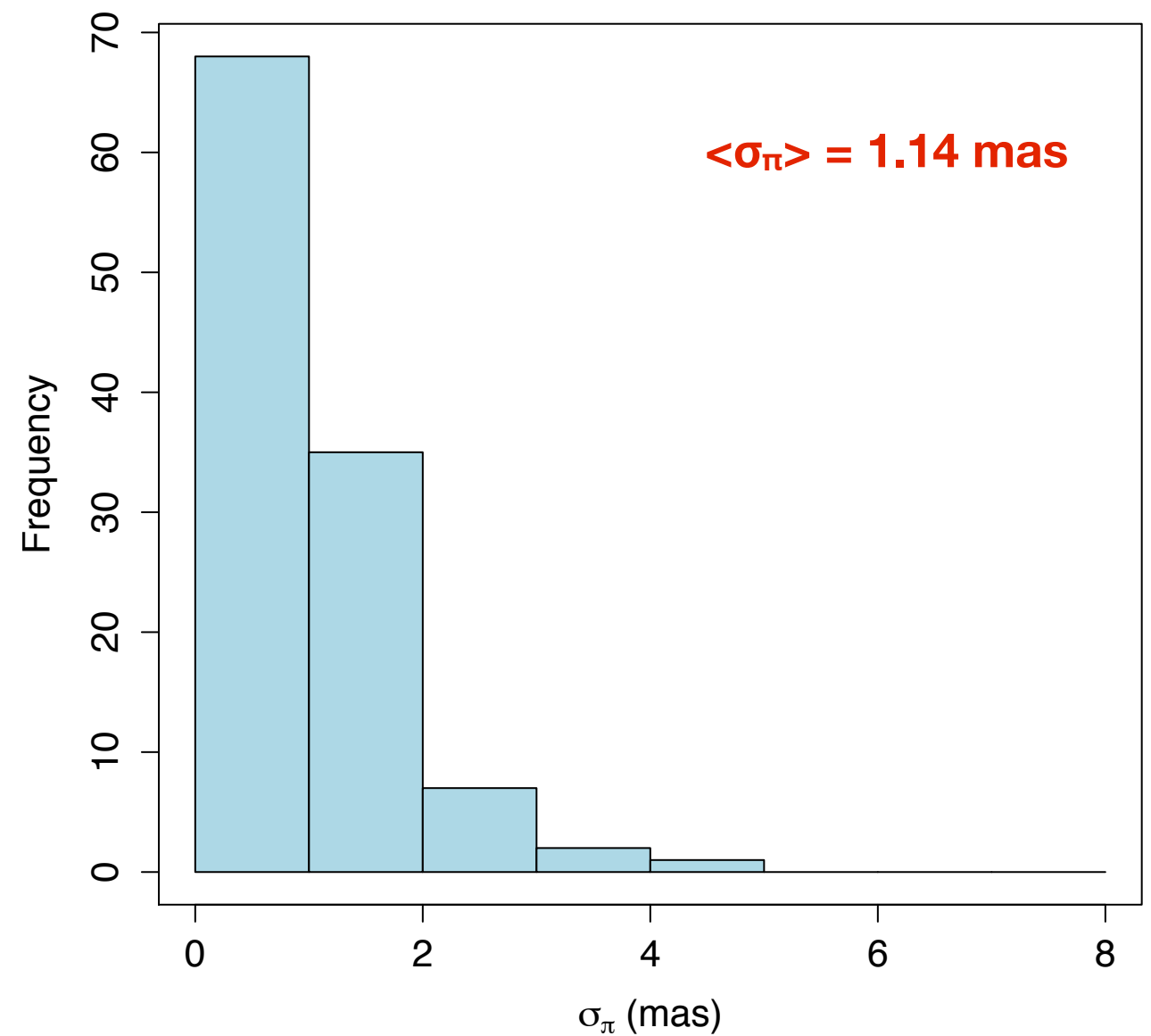
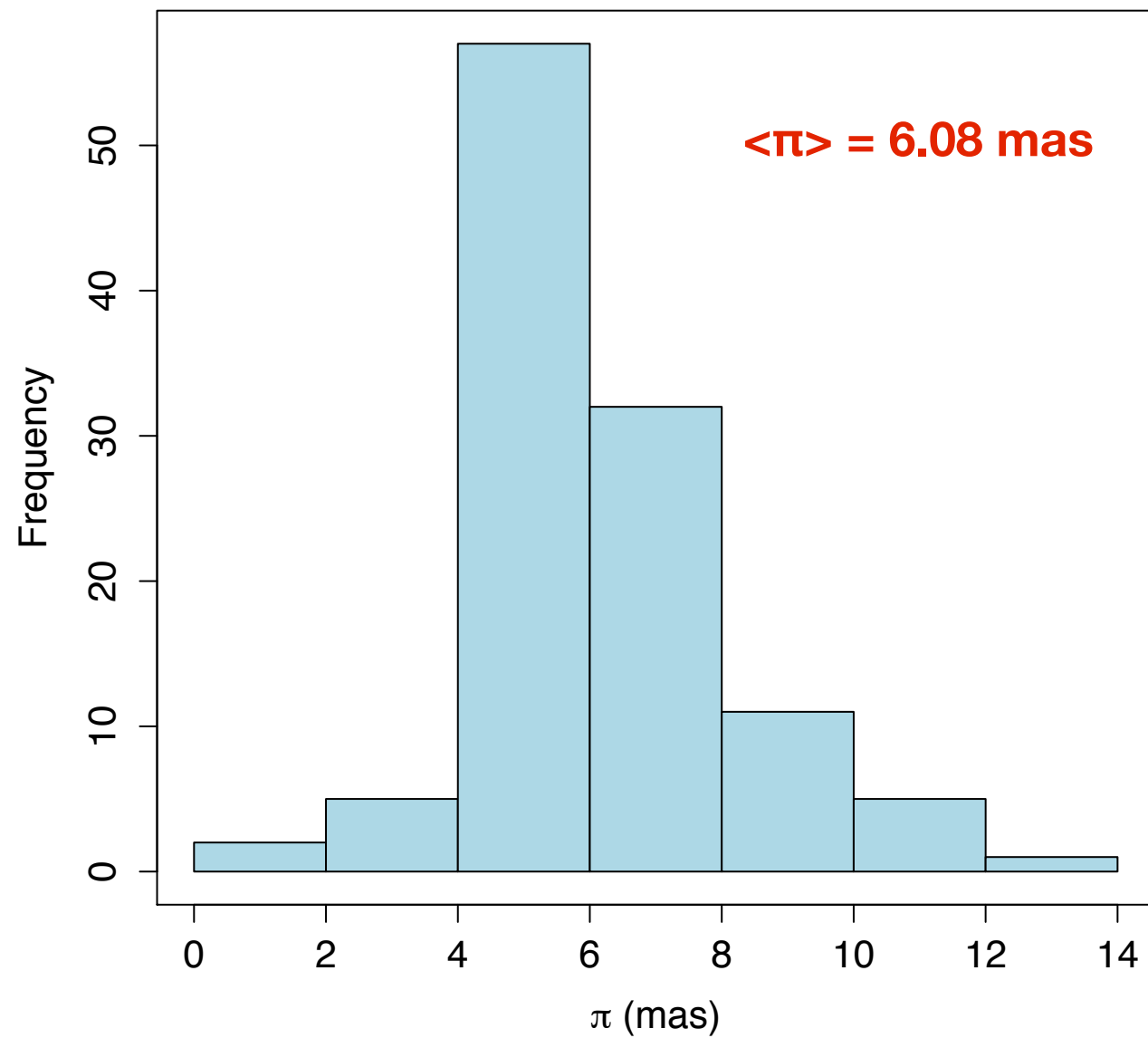
\* 55 estrelas membro

## Lupus (depois):

\*  $(\alpha_{cp}, \delta_{cp}) = (110.6^\circ, -47.7^\circ) \pm (5.3^\circ, 4.2^\circ)$

\* 113 estrelas membro

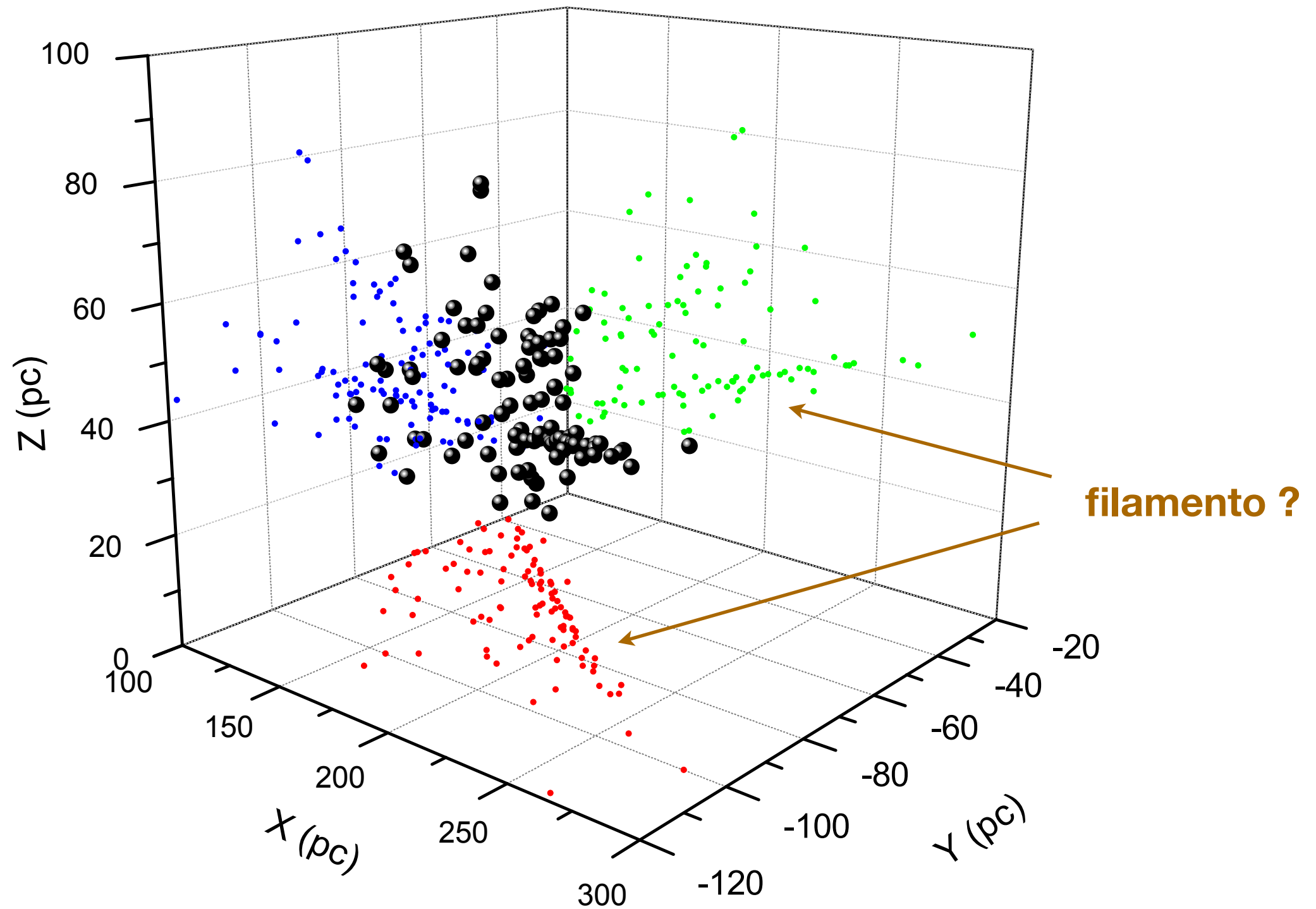
# Paralaxe Cinemática das Estrelas em Lupus



**Ótimo! Calculamos uma  
quantidade enorme de  
distâncias, o que fazemos agora?**

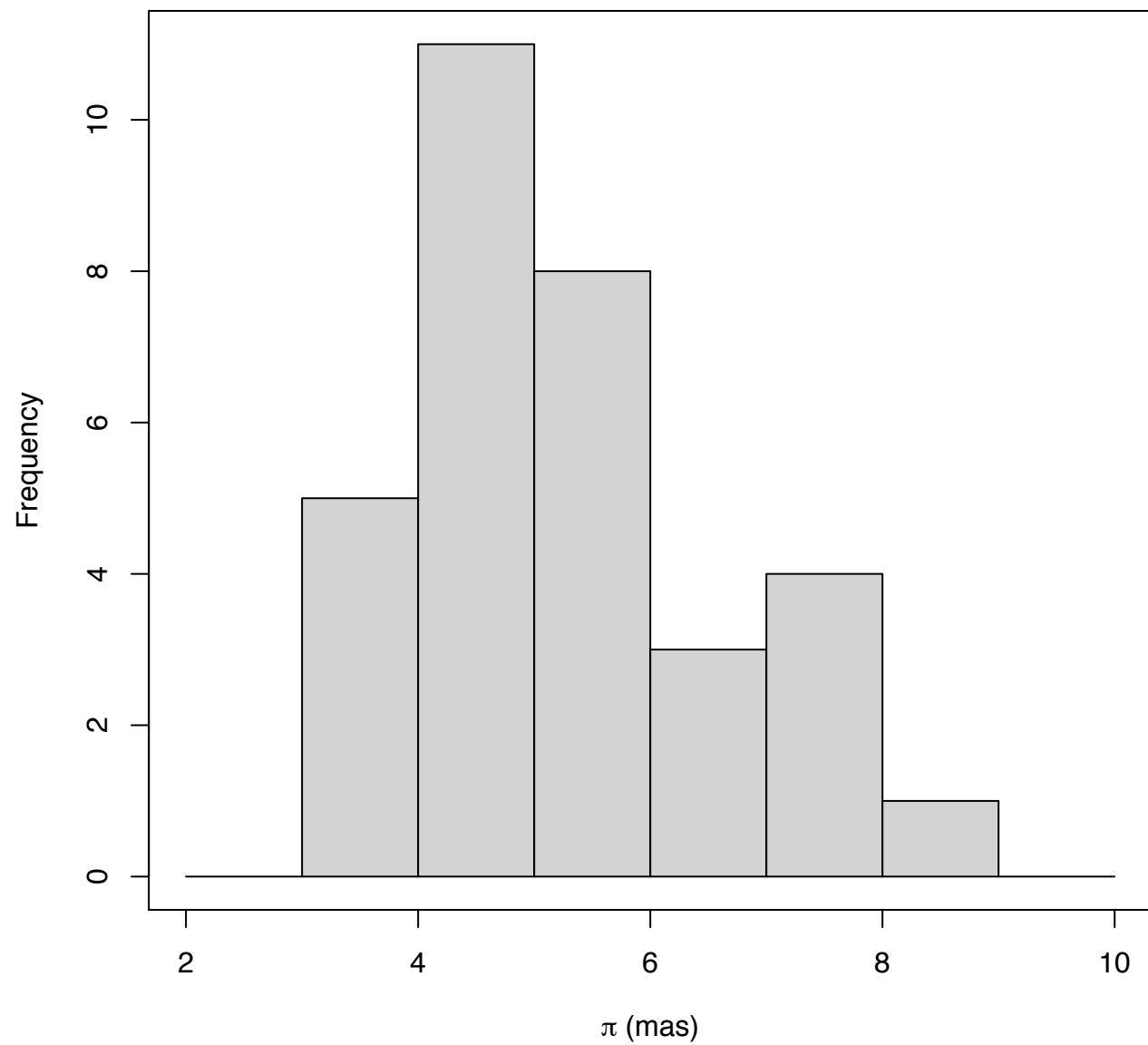


# Distribuição espacial (3D)

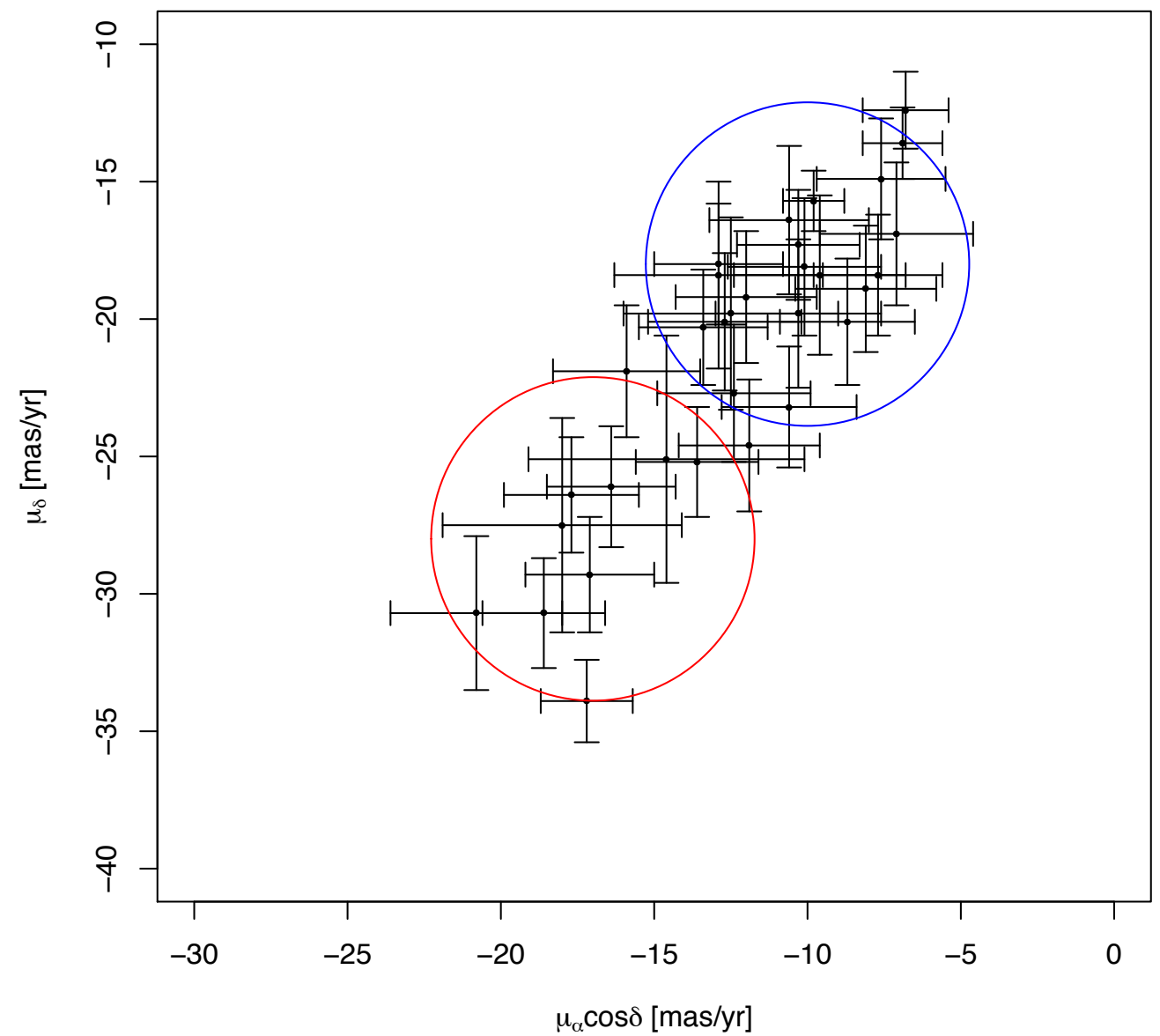


# Uma explicação possível ...

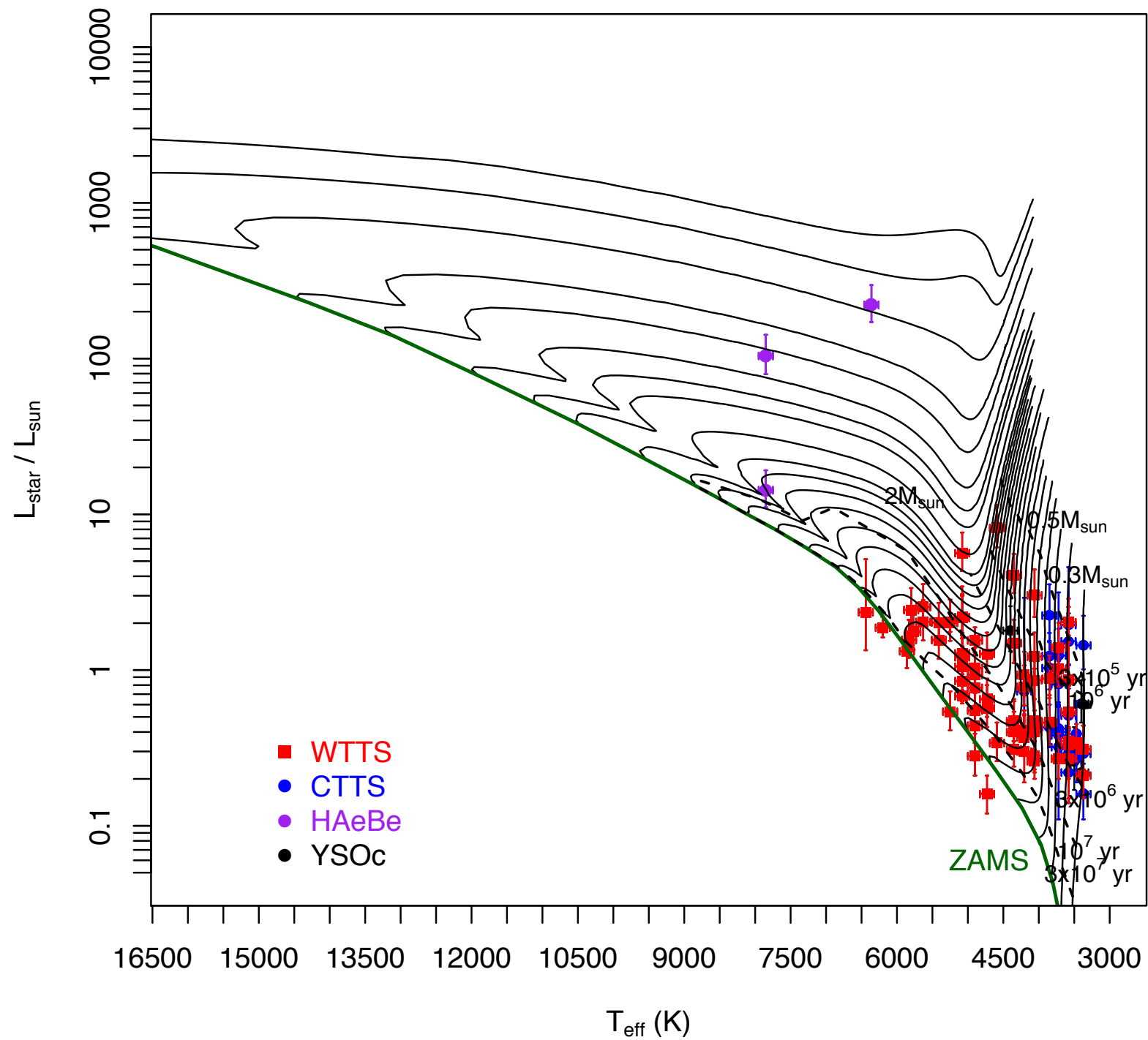
## Paralaxe



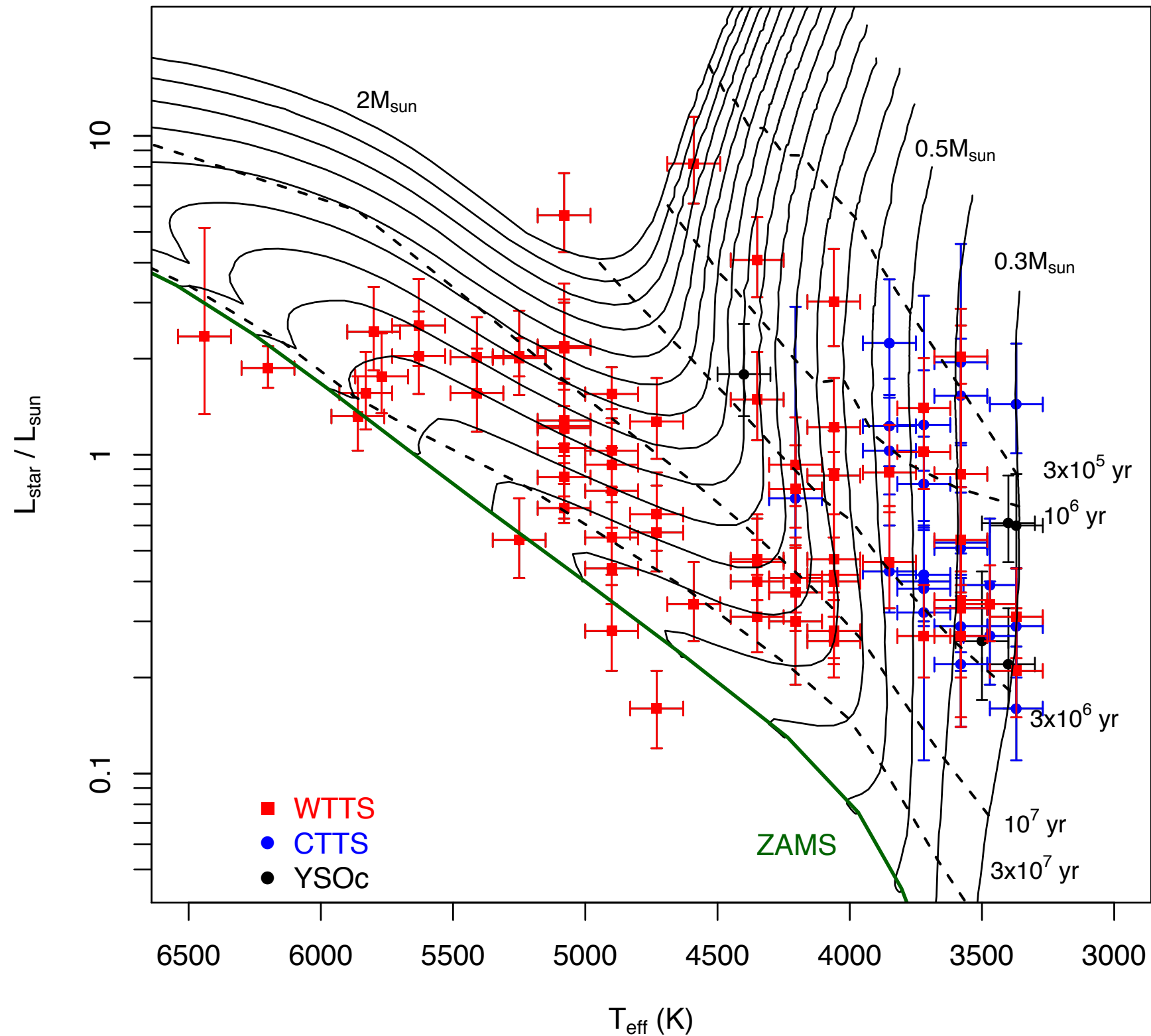
## Movimento Próprio



# Diagrama-HR de Lupus



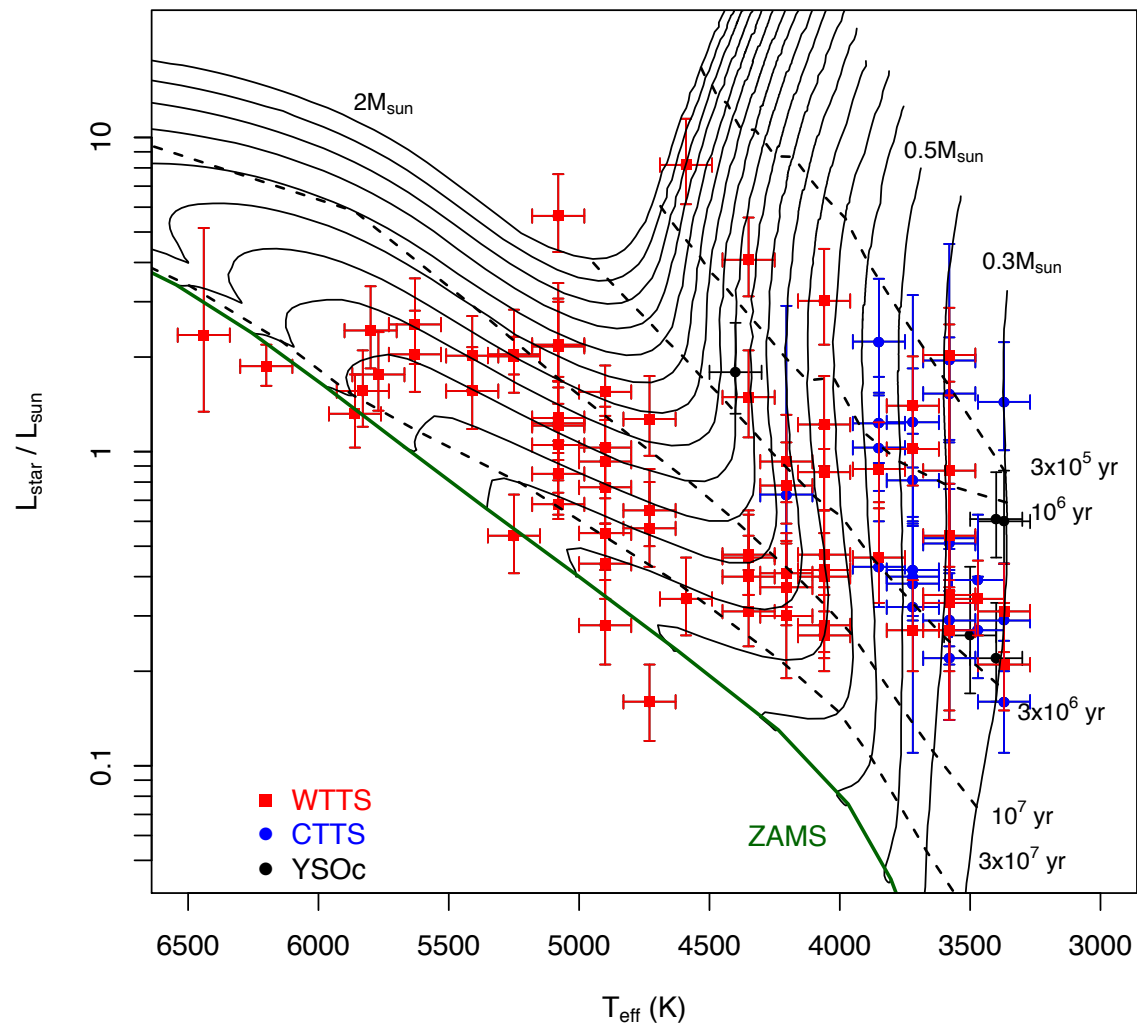
# Diagrama-HR de Lupus



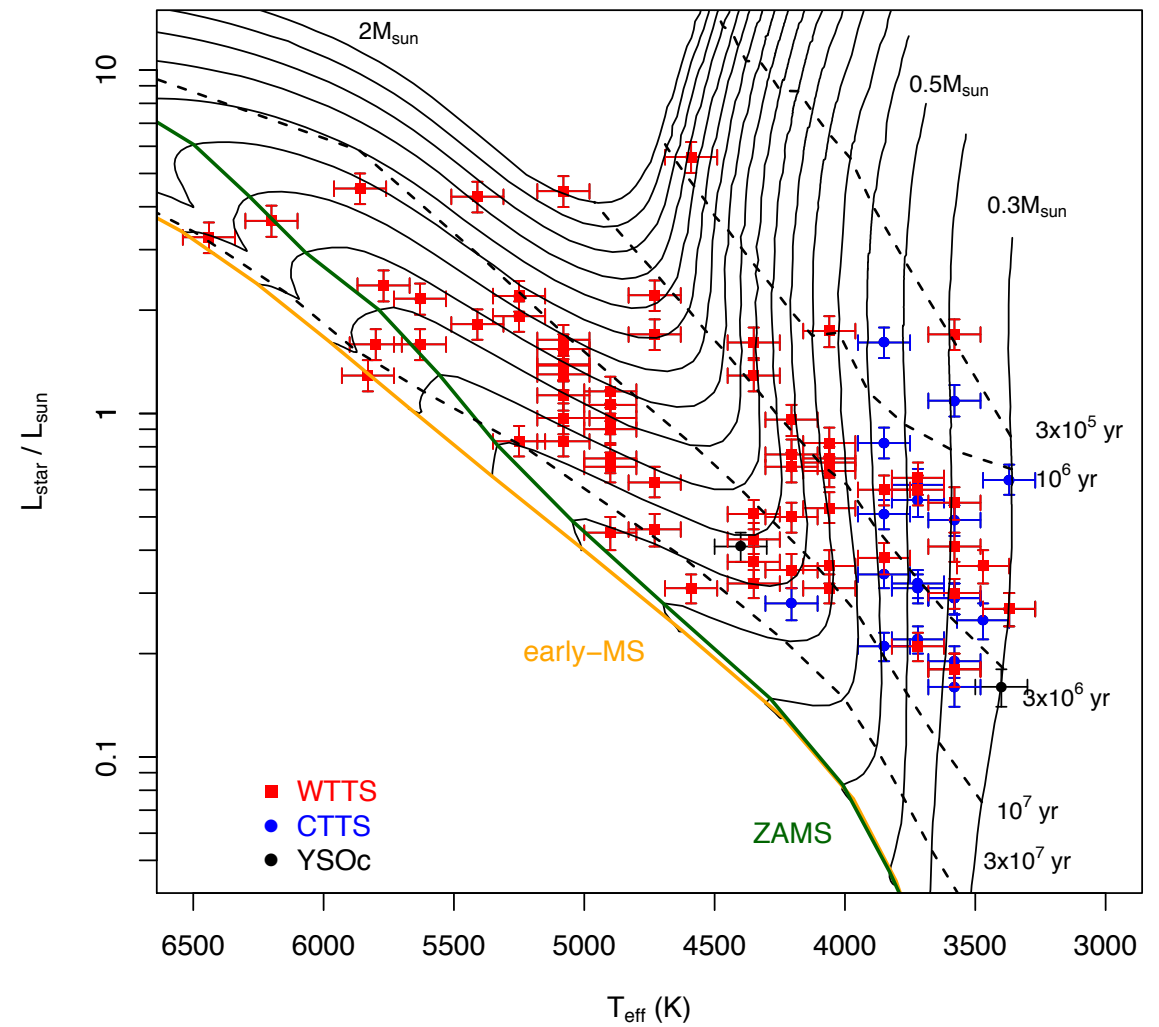


# Diagrama-HR de Lupus (comparação)

## Distância Individual

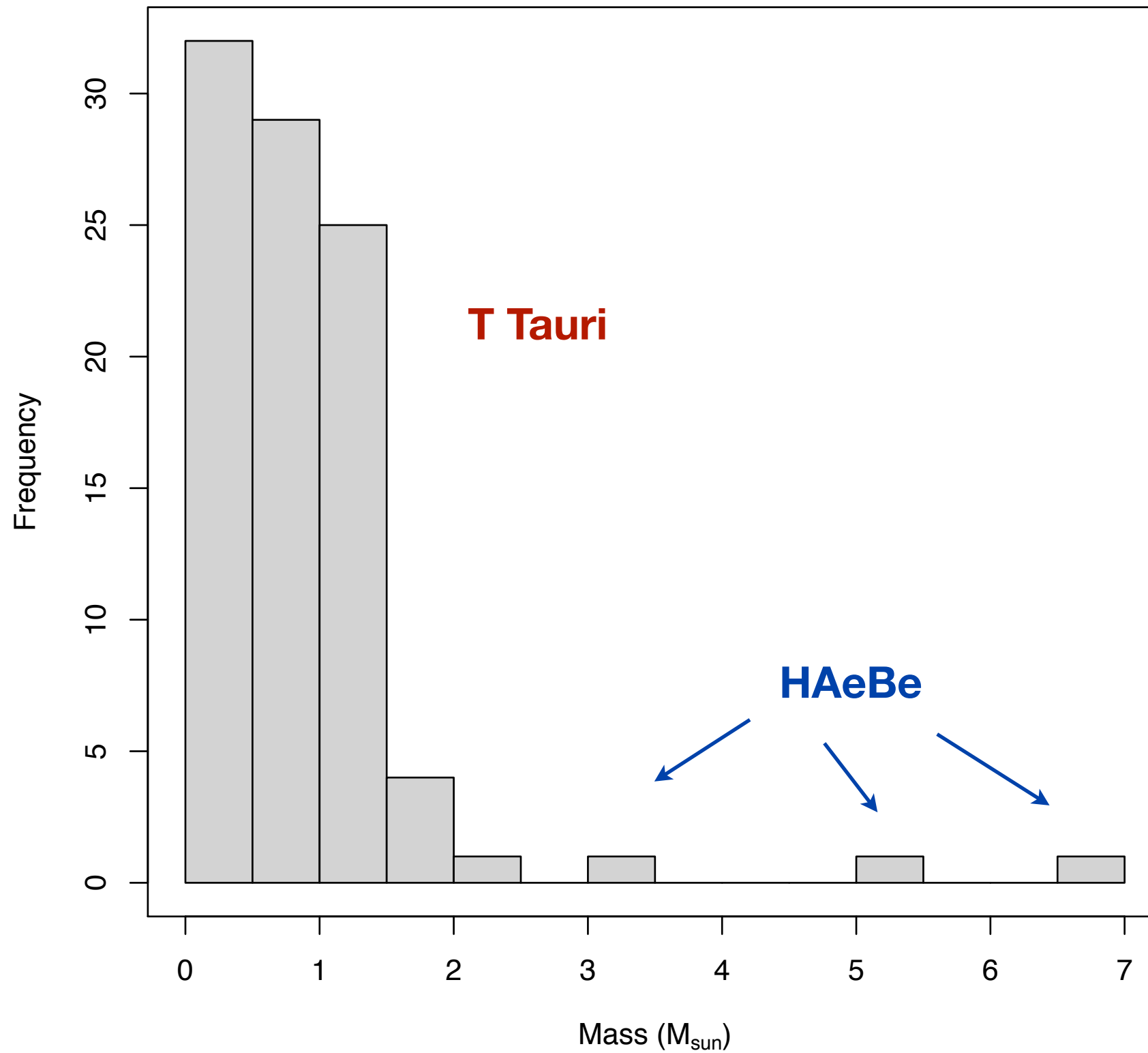


## Distância Média



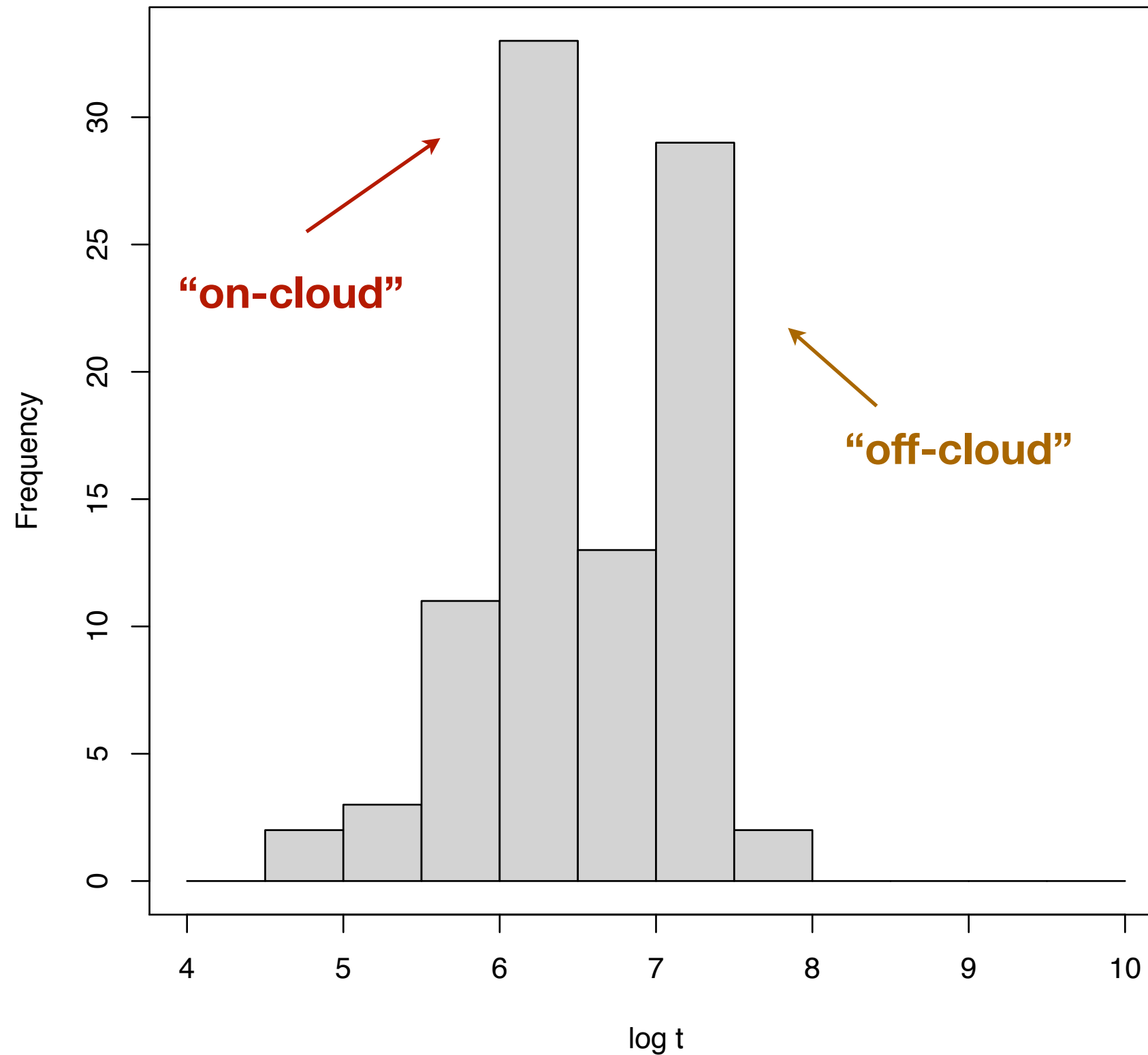
# Distribuição de massas

---



# Distribuição de idades

---



# Lembre-se ...

---

- Existe uma estratégia alternativa que nos permite calcular a distância de uma estrela (estratégia de ponto de convergência) e atingir limites superiores ao da paralaxe trigonométrica.
- A distância é importante para a determinação dos parâmetros físicos de uma estrela e a identificação de estruturas na Galáxia.

